

# عبقرية الجينات

المستكشفون الميكروسكوبيون



التعرف على القدرات المذهلة  
للجينات وعلى آخر تطورات  
علم الجينات الحديث



# العبقرية للجينات

المستكشفون الميكروسكوبيون

التعرف على القدرات المذهلة  
للجينات وعلى آخر تطورات  
علم الجينات الحديث



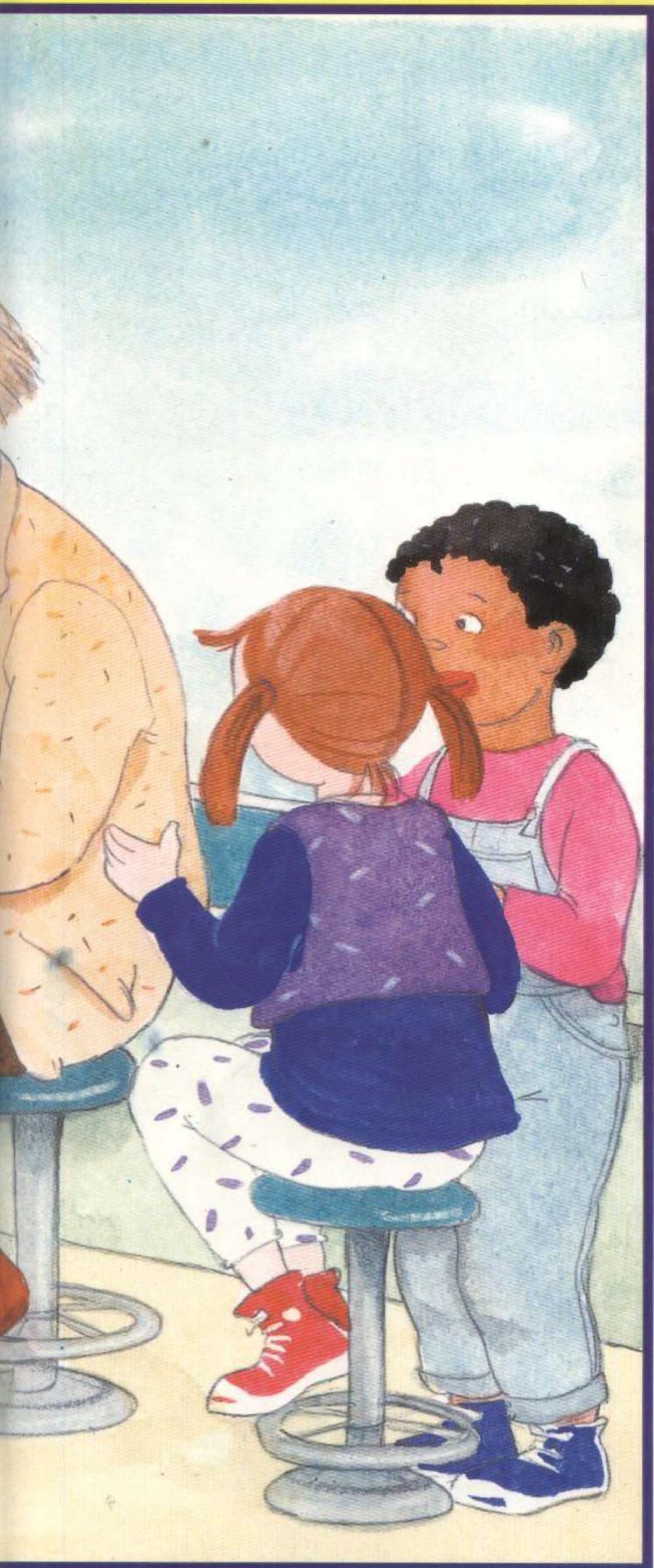
تأليف نوربرت لاندا وياتريك باورل  
ترجمة د. زينب شحاتة



دار الشروق



# مرحباً بكم فى رحلتنا



هل منا من لم يجرح جلده من قبل؟ بالطبع لا. فكل واحد منا له خبراته مع الجروح. فالجرح يؤلمنا ويسيل منه الدم لفترة قصيرة ثم يتوقف بعدها ويتجلط ليكون قشرة، وبذلك فالدم هو الذى يضمن الجرح. وهذه هى إحدى الخواص العجيبة للدم: إنه يتحول من سائل إلى كتلة جامدة فى الوقت المناسب والمكان المناسب.

ولسوء الحظ أن هناك بعض الناس ممن لا تتجلط دماؤهم. فهؤلاء هم المصابون بمرض سيولة الدم أو..... الهيموفيليا (Hemophilia).

فما الفرق إذن بين دم المريض بسيولة الدم ودم الإنسان السليم؟ إنه من الواضح أن مرضى الهيموفيليا ينقصهم شيء مهم، هو بروتين يتحكم فى عملية تجلط الدم. والسبب فى اختفاء هذا البروتين هو حدوث تغيرات بسيطة جداً فى أحد الجينات.

فالجينات هى التى تأمر خلايا الجسم بنوع الجين الذى يجب صنعه. والجينات خيوط صغيرة ورفيعة جداً موجودة فى جميع خلايا الجسم. والجينات السليمة تأمر الخلايا بأن تصنع بروتينات معينة تساعد فى عملية تجلط الدم فى أوقات معينة. وتطيع الخلايا الأوامر. ولكن الجينات غير السليمة (المعطوبة) لا تفعل ذلك. ولهذا فإن علماء الوراثة يبحثون دائماً عن طرق تساعد على الشفاء من مرض سيولة الدم والأمراض الأخرى التى تسببها الجينات غير السليمة.

هيا بنا نلقى نظرة على عالم الجينات الغريب. فالجينات إحدى معجزات الخلق العظيم التى حيرت وما زالت تحير العلماء. فلقد أودع الله سبحانه وتعالى فى الجينات قدرات وأسراراً تجعلها المسؤولة عن تحديد مظاهر الحياة. فالجينات تحتوى على جميع المعلومات والخطط الوراثية اللازمة لتكوين جميع الكائنات الحية. ولكى نزرع عالم الجينات فإن ذلك يتطلب أن ننكمش أولاً بواسطة كبسولة الانكماش الميكروسكوبية. وحينئذ سوف نتقابل وجهاً لوجه مع الدم ومحتوياته لنرى كيف يتحول من سائل إلى كتلة جامدة. كما أننا بعد أن ننكمش إلى أحجام أصغر سوف نستطيع أن نرى الجينات وهى تعمل.

لقد اكتشف العلماء أن الجينات الموجودة فى جميع الكائنات الحية (مثل البشر والكلاب والجرر وحتى البكتريا)، تتبع



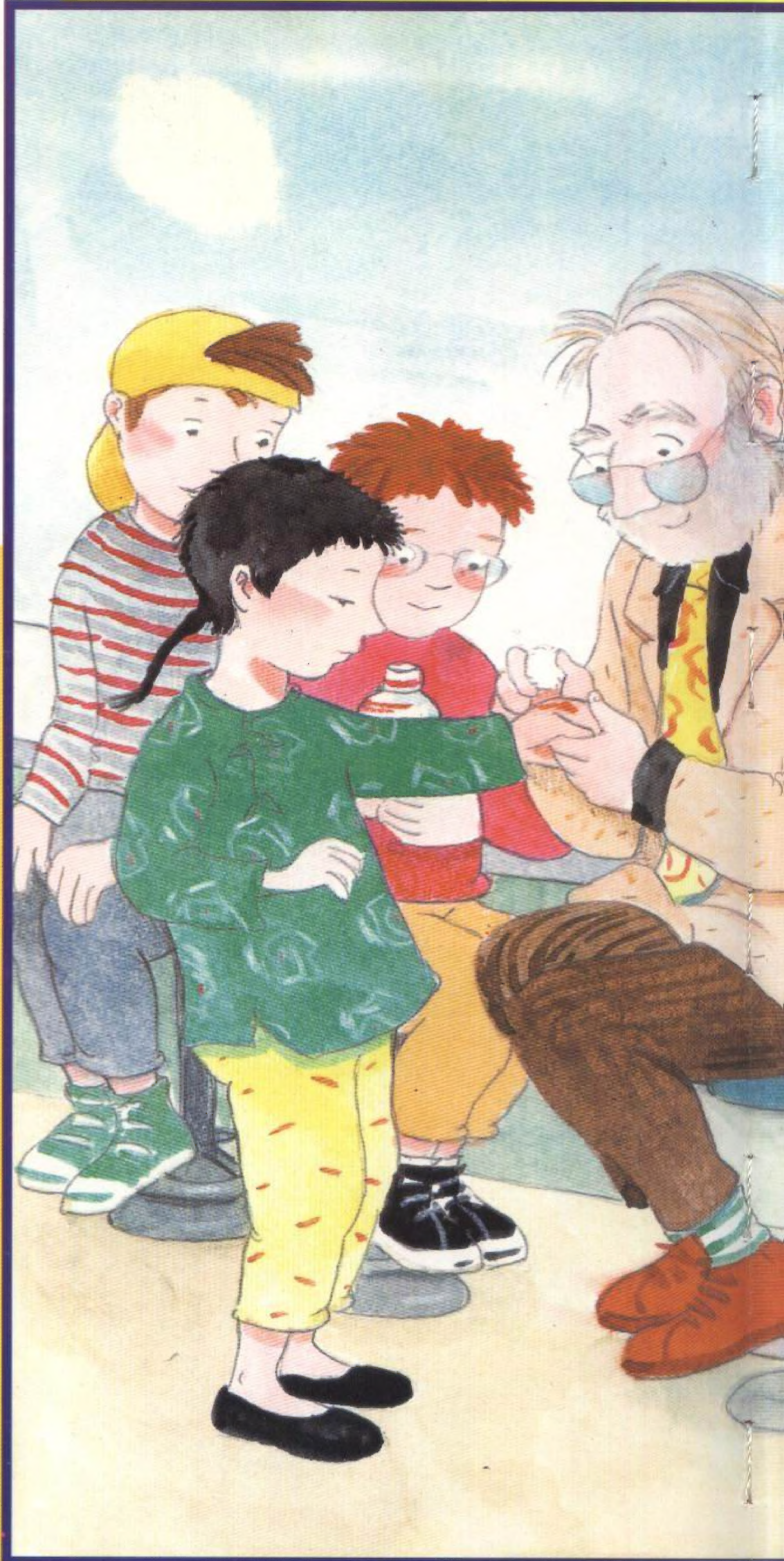


الأسلوب نفسه في أدائها لوظائفها . ولهذا فإن خبراء  
الچينات يستطيعون أن يقصوا الچينات من كائنات حية  
(مثل الحيوانات والنباتات) ويلصقوها بكائنات حية أخرى  
(مثل البكتيريا) . فهل تصدق أنهم يتعاملون مع أشياء  
يقل طولها عن واحد على المليون من المتر، فيستطيعون  
مثلاً لصق چينات من الإنسان بالبكتيريا أو نبات التبغ مثلاً  
حتى تنتج أدوية لعلاج المرضى ؟

وخلال رحلتنا الاستكشافية هذه سوف نتعلم كيف  
يستطيع العلماء أن يقوموا بتلك الأعمال ، بل سنعرف  
أوجه التشابه بين عملية نقل الچينات في المعامل وعملية  
تهجين الحيوانات والنباتات . والأهم من ذلك فسوف  
نعرف الكثير عن الخواص الفريدة التي تتصف بها الچينات  
في الإنسان، ولماذا يملك كل واحد منا البصمات الوراثية  
الخاصة به وحده والتي يمكن استخدامها في حل الجرائم  
المحيرة والأسرار التاريخية .

ويسعدني أن أكون مرشدكم في هذه الرحلة . وبالطبع  
لا تترددوا أبداً في سؤالى عن أى شيء يحيركم خلال  
رحلتنا الاستكشافية هذه .

فهيا (ننكمششش) !



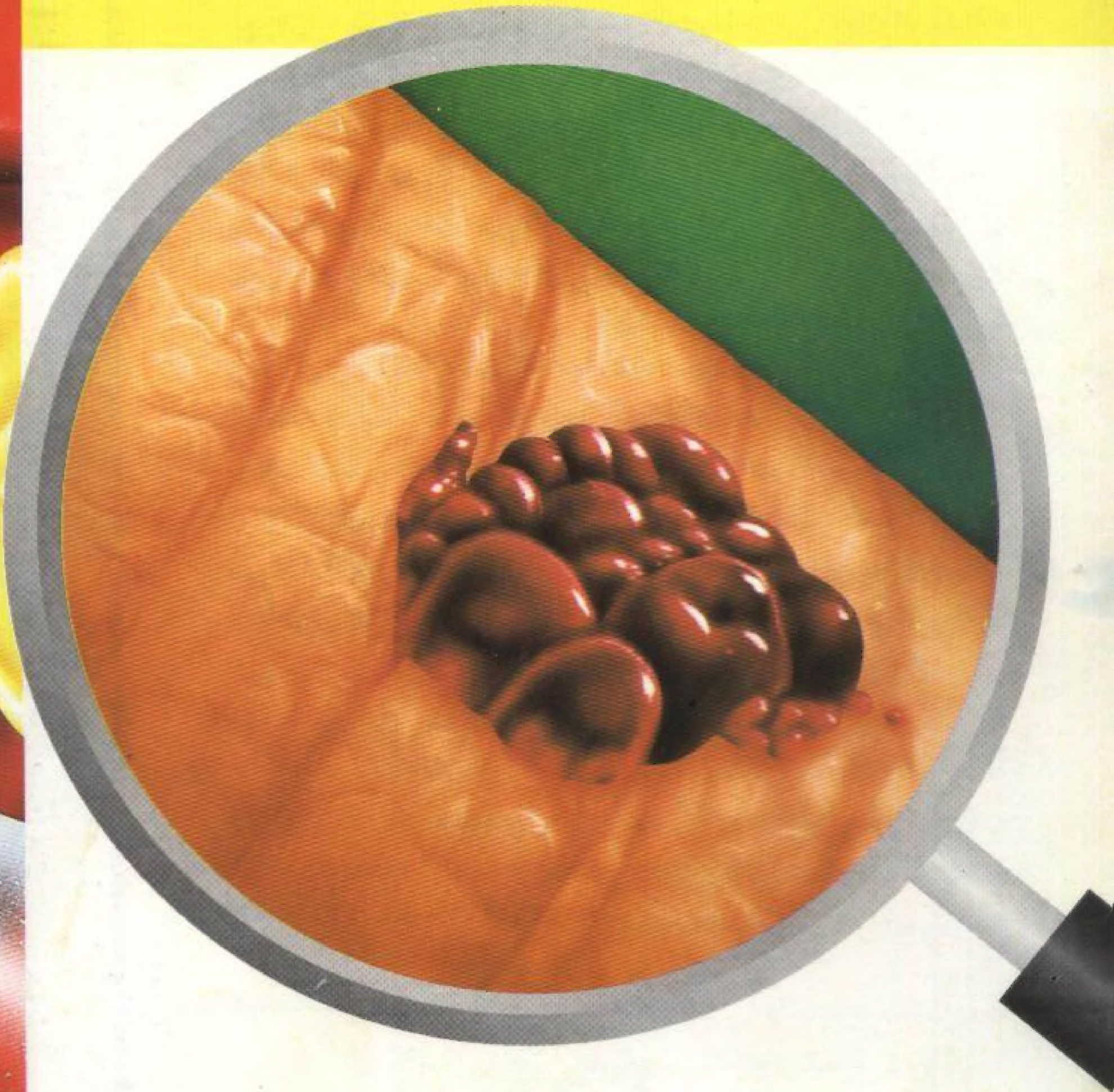


# آآآه ٢٢

الجرح فى الجلد يؤلم مهما كان صغيراً. ولا نملك وقتها إلا أن نقول آآآه . ومع ذلك فإن الألم له وظيفة مهمة جداً، فهو الطريقة التى يستخدمها الجسم ليحذرننا من الخطر ويأمرنا أن نحافظ على مكونات الجسم وبالذات الدم. فنحن لا نستغنى عن الدم أبداً لأنه يؤدى وظائف عديدة ومهمة للغاية.

ويتكون الدم من عدة مكونات. ونرى هنا أحدها وهو خلايا الدم الحمراء التى يوجد منها فى جسم كل واحد منا أعداداً هائلة تفوق أعداد البشر على كوكبنا . فهذه الخلايا الحمراء تحمل الأكسجين من الرئة وتنقله إلى جميع خلايا الجسم.

أما هذه الأشياء الباهتة، فهى خلايا الدم البيضاء. وتتخصص هذه الخلايا فى تدمير الدخلاء الغريباء مثل البكتيريا التى تغزو أجسامنا لتستعمرها .





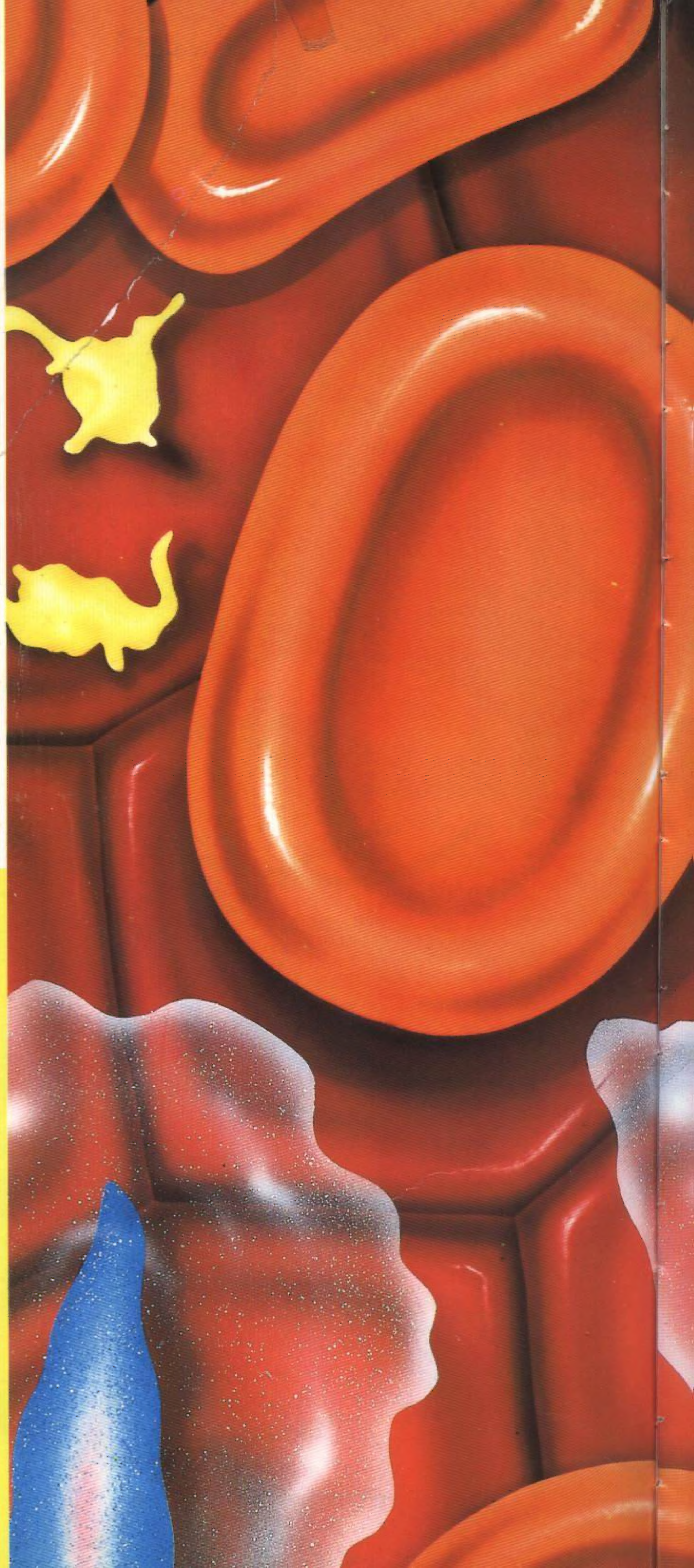
أما هذه الأشياء غريبة الشكل فهي الصفائح الدموية المسؤولة عن تجلط الدم، و يوجد منها الملايين فى كل نقطة دم . وتسبح هذه الصفائح مع المكونات الأخرى بصفة مستمرة فى الجزء السائل من الدم والذي يسمى بالبلازما . ويعتبر الدم عضواً سائلاً لا تقل أهميته عن أهمية الأعضاء الأخرى مثل القلب والرئة.

### ولماذا يوجد الدم فى الحالة السائلة ، يا أستاذنا؟

كما تعلمون أنه من الممكن أن نضخ السوائل ، ولكننا لا نستطيع أن نضخ الأشياء الجامدة. فإحدى وظائف الدم هى نقل المواد الغذائية والغازات إلى جميع خلايا الجسم ويستلزم هذا أن يضخ القلب الدم فى شبكة من الأوعية الدموية التى تصل إلى كل بقعة من الجسم. وفى حالة إصابة أحد هذه الأوعية، فإن الدم يتسرب إلى الخارج، ويعد هذا خطراً على الجسم. وفى مثل هذه الحالات يجب أن يتحول الدم بسرعة إلى مادة جامدة ، حتى يتوقف النزيف فى موقع الإصابة.

### وما الذى يجعل الدم يتحول إلى الحالة الجامدة؟

إنها الصفائح الدموية التى تقوم بثلاثة أشياء مهمة. أولاً : تلتصق بموقع النزيف فى الوعاء الدموى وتحاول أن تسد الثغرة بعض الشيء . ثانياً : ترسل مواد كيميائية تسبب انقباض الأوعية الدموية حتى تضيق، وينساب الدم ببطء. ثالثاً : تتعاون الصفائح مع ألياف من البروتينات تسمى الفيبرين (Fibrin) لتكوين شبكة متماسكة ومتينة لتسد بها الثغرة حتى يقف النزيف تماماً. ولكن من أين تأتى بروتينات الفيبرين هذه؟





# ألياف الفيبرين

من الصعب على الجسم أن يعرف مسبقاً موقع وتوقيت النزيف حتى يتم إيقافه بسرعة. ولهذا فعلى الدم أن يحمل معه دائماً المواد التي تستطيع تكوين ألياف لزجة لتجعل الدم يتجلط في حالات الطوارئ. وتوجد مثل هذه المواد في الدم وتسمى الفيبرينوجين (Fibrinogen) أو منتجى الفيبرين. وعند حدوث الجرح، فإن الجسم يرسل رسائل ليأمر (دسته) من البروتينات المختلفة بالقيام بالعمل المهم، وهو تكوين ألياف الفيبرين. وسرعان ما تحضر هذه الألياف الطويلة واللزجة إلى الموقع المناسب لتسد الثغرة.

وإذا تخلف واحد من هذه البروتينات، أو فشل في أداء عمله كما يجب، فإن ألياف الفيبرين لا تتكون. وبالتالي لا تسد الثغرة ويستمر النزيف. وهذا ما يحدث بالضبط لمرضى سيولة الدم أو الهيموفيليا.

## هل من الممكن أن يتوفى مريض الهيموفيليا إذا جرح؟

من الممكن أن يحدث هذا في حالة واحدة فقط : وهي عدم وجود الطبيب بالقرب منه . ويقوم الطبيب في هذه الحالة بإعطاء المريض البروتين الناقص في الدم والذي يتم الحصول عليه من دم المتبرعين الأصحاء. وللأسف، فإن عملية الحصول على هذا البروتين تتطلب مجهوداً كبيراً، كما يتكلف العلاج المال الكثير.

## هل من الممكن أن يتجلط الدم في الأوعية الدموية بدون أي جروح؟

بالطبع نعم. وإذا ما حدث ذلك، فإن الجلطة تسد الوعاء الدموي وتمنع مرور الدم. وهذا هو ما يحدث مع مرضى السكتة الدماغية. ومن حسن الحظ أن عملية تجلط الدم عملية معقدة جداً، لا تحدث بطريقة عشوائية. إنما تحدث فقط في الموقع المناسب من الجسم وفي اللحظة المناسبة. والآن هيا بنا نتعرف على الجينات لنرى كيف توجه أوامرها إلى الخلايا في الجسم، ولنرى مدى أهميتها لسلامة الجسم.

الفيبرينوجين

1

بروتين تجلط الدم

2

ألياف الفيبرين

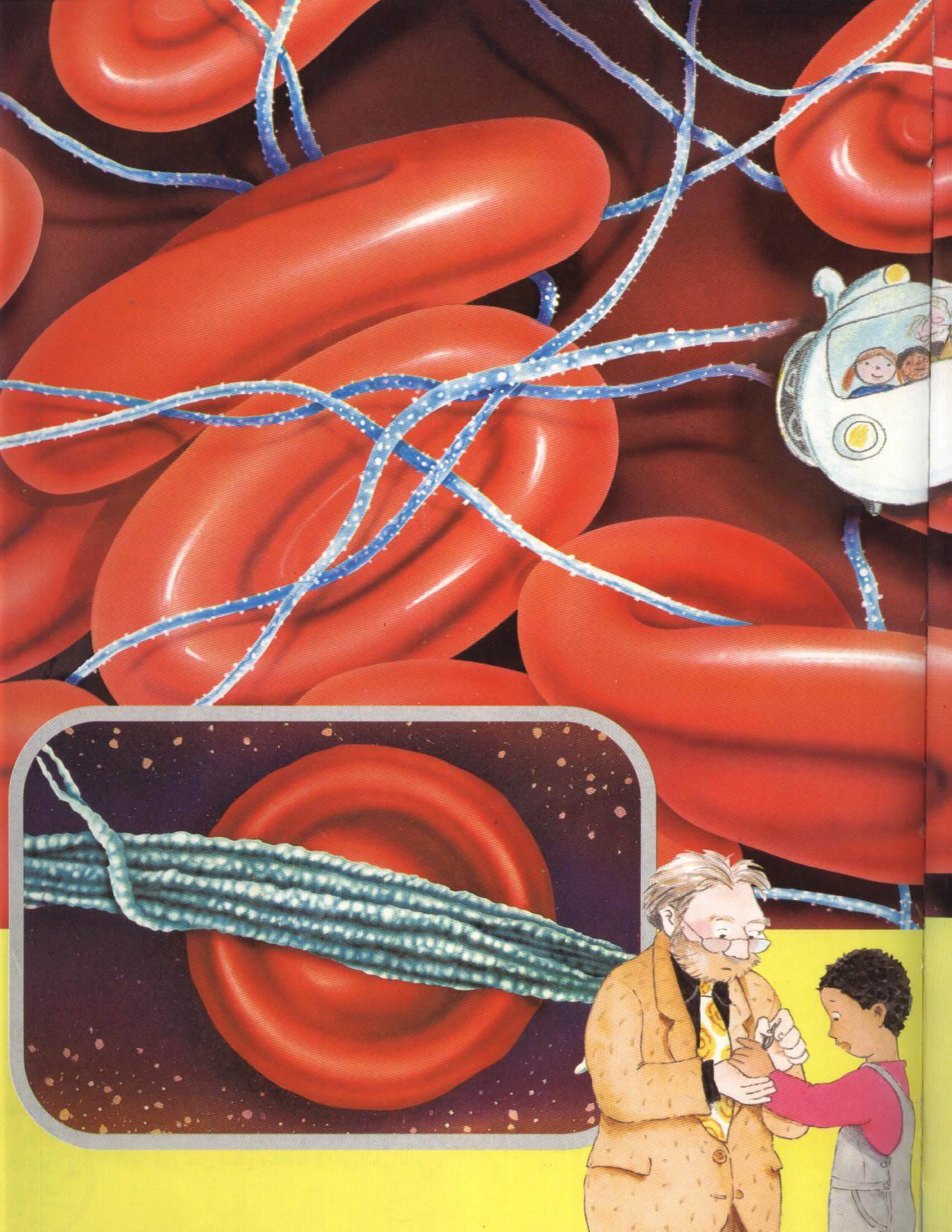
3

يتم تكوين ألياف الفيبرين كالاتى :

- 1 - يحتوى الدم السائل على بروتينات تسمى الفيبرينوجين.
- 2 - تظهر البروتينات التي تتحكم في عملية التجلط في موقع الإصابة. ويقوم واحد منها بقطع أجزاء من بروتين الفيبرينوجين، وبهذا يحوله إلى بروتين جديد يسمى الفيبرين.
- 3 - تلتصق جزيئات الفيبرين مع بعضها لتكون ألياف الفيبرين اللزجة، التي تكون الجلطة الدموية.

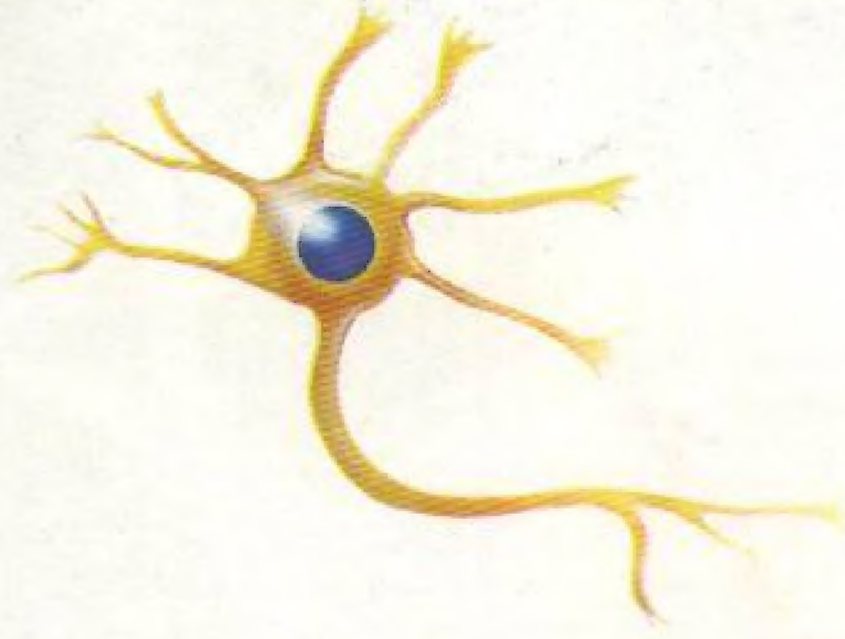








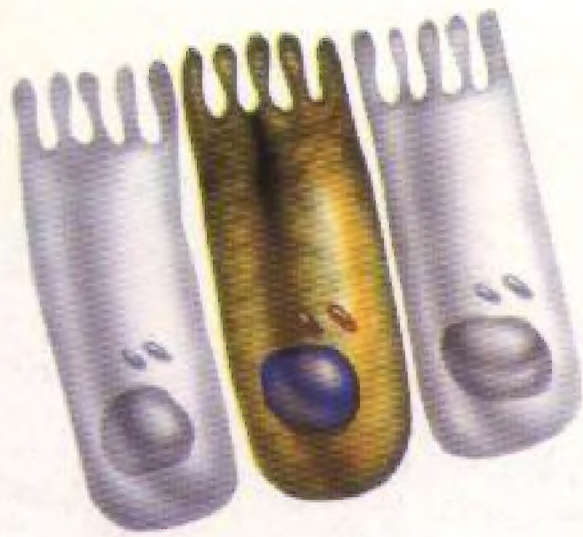
# الخلايا الذكية



خلية عصبية



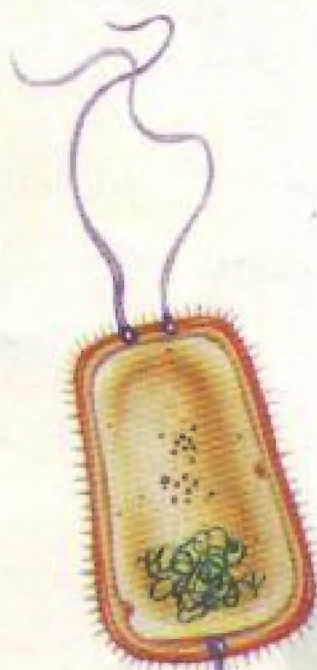
خلية جلد



خلية أمعاء



خلية دم بيضاء



خلية بكتيريا

تتكون أجسامنا وأجسام جميع الكائنات الحية على الأرض من خلايا حية. وهي وحدات دقيقة جداً بحيث إننا نحتاج إلى 1000 خلية مرصوصة بعضها إلى جوار بعض لتغطي سنتيمترا واحداً. وتعتبر كل خلية حية مثل الكائن الحي الصغير. ويتجمع العديد منها لتكوين الكائنات الحية. ويحتوى جسم الإنسان على مئات الأنواع من الخلايا ذات الأشكال المختلفة والتي تؤدي وظائف مختلفة مثل خلايا الدم الحمراء والبيضاء والخلايا العصبية والعضلية وخلايا الجلد. ويوجد ملايين البلايين من الخلايا التي تكون كل جزء في الجسم سواء أكان لدينا أم جامداً أم صلباً. فبعض هذه الخلايا يتحرك في دمك وبعضها يجعلك تفكر وتشعر والبعض الآخر ينقبض حتى تستطيع أن تتحرك.

## وما وظائف البروتينات، يا أستاذنا؟

البروتينات مواد حيوية تقوم عليها حياة الخلية من الألف إلى الياء. فبعض البروتينات تدخل في بناء الخلايا وأجهزتها. والبعض الآخر يقوم بدور الساعي الذي ينقل الرسائل والأخبار بين الخلايا. كما يقوم نوع من البروتينات يسمى الأنزيمات بتنشيط الآلاف من التفاعلات الكيميائية الضرورية لحياة الخلية. ويعتمد الجسم السليم على التفاعل والتفاهم المستمر بين حوالي 100 ألف نوع من البروتينات المختلفة التي توجد بكميات مناسبة في المواقع المناسبة لتقوم بالوظائف المحددة المطلوبة منها. ومثال ذلك بروتين الفيبرين الذي يكون الألياف التي تسد الثغرات في الأوعية الدموية عند حدوث الجروح.

ويتكون جسم الإنسان من أعداد لا تحصى من الخلايا الحية وهي الشيء الأساسي الذي يربط بيننا وبين الكائنات الأخرى مثل أشجار التفاح والكلاب وحتى البكتيريا. والبكتيريا كائنات حية وحيدة الخلية لا نستطيع أن نراها بالعين المجردة لأنها متناهية في الصغر، بل حتى أصغر من خلايا الجسم. ويوجد منها أنواع غير الضارة والمفيدة مثل التي تعيش على الجلد وفي الفم والأمعاء. كما أن هناك أنواعاً أخرى ضارة تسبب لنا الأمراض.

ومع أن البكتيريا تتكون من خلية واحدة إلا أنها كائن حي مثلنا، فهي تأكل وتتكاثر وتصنع البروتينات. كما أن هناك تشابهاً كبيراً بين الوظائف الأساسية التي تقوم بها البكتيريا وتلك التي تقوم بها خلايا الجسم. ولكن الفرق يكمن في أن خلية البكتيريا تقوم بهذه الوظائف من أجل صالحها وحدها. أما خلايا الجسم فهي تتعاون بعضها مع بعض لتؤدي وظائفها من أجل صالح وسلامة الكائن الحي كله.





وتحتوى جميع الخلايا من بكتريا وخلايا كبد وخلايا جلد وخلايا الدم البيضاء على أجزاء صغيرة جدا تسمى الريبوسومات ، وهى تعمل كمصانع لإنتاج البروتينات عن طريق تجميع مواد تسمى الأحماض الأمينية فى ترتيب معين مكونة بروتينا معينا. ويتم هذا التجميع وفقا لوصفة ومعلومات مخزونة فى الجينات الموجودة فى نواة كل خلية (كما سنرى فيما بعد).

وتنتج البكتريا وكذلك خلايا جسم الإنسان بروتينات

مختلفة لأن كل نوع يحتوى على جينات مختلفة. وهذه البروتينات هى التى تجعل البكتريا تبدو وتتصرف كبكتريا وتجعل الإنسان يبدو ويتصرف كإنسان. فالبكتريا مثلا لا تستطيع أن تصنع بروتين الفيبرين لأنها لا تحتوى على جين الفيبرين الموجود فى الإنسان. وفى نفس الوقت فخلايا الجسم لا تستطيع أن تصنع الإنزيم المتخصص الذى يساعد البكتريا على هضم زيوت المعادن لأنها لا تحتوى على جينات الإنزيمات الغريبة الموجودة فى البكتريا .



# الجينات العبقريّة

لا تستطيع الخلية الحية أن تعيش بدون الجينات إلا لفترة قصيرة. فالخلية تكون في حاجة دائمة إلى التعليمات والأوامر لتعرف ماذا تفعل وأي نوع من البروتينات يجب عليها أن تصنع. وإذا توقفت عملية صنع البروتينات ولو لثوان فإن البروتينات في الخلية سوف تستهلك وينتهي المخزون منها، مما يؤدي إلى موت الخلية.

من الممكن تشبيه الجينات بأنها جمل مكتوبة بلغة كيميائية، ومرتصصة بعضها إلى جوار بعض على شريط يسمى الدنا (DNA)، وهو يتكون من سلسلتين متقابلتين تلتفان بعضهما حول بعض على شكل سلم حلزوني. وهو يحتوي على جميع المعلومات الوراثية التي تحدد صفات الخلية والكائن الحي، ولتسهيل نشير إليه باسم الشريط الوراثي. وتحتوي كل خلية في الجسم على شريط الدنا المقسم إلى 46 قطعة تسمى الكروموسومات، وهي ملفوفة ومخزونة في نواة الخلية. وتحتوي كل خلية في الجسم على حوالي 100 ألف جين نطلق عليها جميعاً اسم المحتوى الجيني أو الجينوم (Genome). ويحدد كل جين الطريقة التي تتبعها الخلية لتصنع بروتينا معينا. ولك أن تتخيل أن عمل خلية الكبد يختلف تماما عن عمل خلية الجلد أو خلية الدم البيضاء. والسبب في ذلك هو أن خلية الكبد تنشط مجموعة من الجينات تختلف عن الجينات التي تنشطها خلية الجلد أو خلية الدم البيضاء. ويؤدي هذا بالطبع إلى إنتاج بروتينات مختلفة ذات وظائف مختلفة في هذه الأنواع من الخلايا. ولكن هناك بعض الجينات المنشطة في جميع الخلايا مثل خلايا الكبد وخلايا الجلد والبكتريا. وتسمى هذه الجينات الشائعة لأنها تنتج بروتينات ضرورية تقوم بالوظائف الأساسية اللازمة لحياة كل خلية مثل عمليات الانقسام وتوليد الطاقة. ولذلك توجد البروتينات الشائعة في جميع الكائنات الحية.

## ومن أين تحصل الخلايا على الجينات الخاصة بها ؟

تنشأ جميع خلايا الجسم من خلية واحدة هي البويضة الملقحة والتي توجد في رحم الأم. وتبدأ القصة بالبويضة غير الملقحة والتي تحتوي على نصف عدد الجينات التي تحتاج إليها لكي تكبر وتنمو. ويأتي النصف الآخر من الجينات من خلية الحيوان المنوي من الأب. فعندما تتقابل البويضة مع الحيوان المنوي فانهما يندمجان معا ويكونان البويضة الملقحة. وهي الآن تحتوي على مجموعة كاملة وخلطة فريدة من الجينات. وفي الحال تبدأ البويضة الملقحة في الانقسام والتكاثر من أجل بناء إنسان صغير جدا يحتوي على جميع الخلايا المختلفة التي يحتاج إليها الجسم. وعندما تنقسم الخلية الملقحة إلى خليتين فإنها تقوم بنسخ صورة طبق الأصل من الشريط الوراثي وبهذا يتضاعف عددها. ثم تتوزع الكروموسومات بالتساوي بين الخليتين الجديدتين حتى تحصل كل خلية على نفس العدد من الكروموسومات. ثم يستمر انقسام الخلايا من اثنتين إلى أربع ثم ثمان... إلخ، حتى يتم تكوين بلايين الخلايا التي تكون الجنين. وبهذا تحتوي جميع خلايا الجسم على نفس المجموعة والعدد من الجينات. والحقيقة أن كل خلية تحتوي على نسختين من كل جين: نسخة تأتي من خلية الأم (البويضة) ونسخة تأتي من خلية الأب (الحيوان المنوي).





نحن الآن داخل الخلية. وهذه الكرة الزرقاء الكبيرة هي نواة الخلية التي تحتوي على الكروموسومات وتحميها، ونرى هنا كيف يبدو شريط الدنا (DNA) إذا ما جذبناه خارج النواة وفككناه. فكل درجة من درجات سلم الدنا تتكون من وحدتين من الوحدات الأربع (كل وحدة لها لون مختلف) التي تكون الدنا.

ويسمى هذا الشريط الفردي الرنا الرسول (messenger RNA). وهو يحمل نسخة طبق الأصل من الجين (التعليمات لصنع بروتين). فيسافر الرنا الرسول حاملاً هذه التعليمات خارج النواة إلى مصانع إنتاج البروتينات في الخلية.



# الشفرة الوراثية

يحتوى شريط الدنا المخزون فى نواة خلية الإنسان على 3 بليون حرف من حروف لغة كيميائية عجيبة. ولكن معظم هذه الحروف لا تعبر عن معلومات مفيدة بل تبدو وكأنها حروف مرتبة لتعطى كلمات عشوائية لا معنى لها. أما الأجزاء التى تحتوى على معلومات مفيدة ذات معنى فهى الجينات. وهى توجد مرتبة على شريط الدنا بحيث تفصل ما بين الجين والآخر مسافة كبيرة تشغلها الكلمات العشوائية.

والجزء الأكثر أهمية فى سلم الدنا الحلزونى هو درجات السلم ... أو حروف الدنا، وهى تتكون من أربع مواد كيميائية متشابهة نوعاً ما تسمى النيوكليوتيدات nucleotides ويرمز لها بالحروف «أ» و«ث» و«ج» و«س». وكل درجة من درجات السلم تتكون من اثنتين من النيوكليوتيدات المترابطين وفقاً لنظام محدد وثابت بحيث تكون دائماً «أ» مترابطة مع «ث» و«ج» مترابطة مع «س». فلا يمكن مثلاً أن تلتصق «أ» مع «ج» أو «س» أو حتى مع «أ» أخرى. ولهذا فإنه إذا حدث وانشق السلم من النصف بطريقة طولية (يحدث هذا أثناء انقسام الخلية) بحيث تنفصل كل سلسلة نيوكليوتيدات عن الأخرى فسوف تكون هناك طريقة واحدة لإصلاح ما حدث وإنتاج نسختين متطابقتين من السلم، وهى الطريقة التى تستخدمها الخلايا لتنقل جيناتها الوراثية إلى بناتها من الخلايا. وبنفس هذه الطريقة يتم عمل نسخ من الجينات (المعلومات الوراثية) وتخزينها على شريط الرنا الرسول لنقلها إلى الريبوسومات لقراءتها وترجمتها ثم لصناعة البروتينات.

والجين ما هو إلا قطعة من الدنا تحتوى على معلومات وراثية ووصفات لصنع بروتين معين. وكما ذكرنا فإن اللغة الوراثية لهذه الصفات تتكون من أربعة الحروف «أ» و«ث» و«س» و«ج». وتتكون البروتينات من 20 نوعاً من وحدات البناء التى تسمى بالأحماض الأمينية. وتترابط هذه الأحماض بعضها مع بعض بترتيب معين وبعدهم معين لصنع البروتين المطلوب. الآن نأتى إلى السؤال المهم: كيف يمكن للترتيبات المكونة من الحروف الأربعة (النيوكليوتيدات الأربعة) فى الجين أن تصف وتحدد الـ 20 نوعاً من الأحماض الأمينية فى البروتين؟ لا بد أن فى الأمر حيلة ما.

## وما الحيلة فى هذا الأمر، يا أستاذنا؟

سوف أريحكم وأعطيك الإجابة فوراً. فالحيلة هى أن نجعل كل 3 نيوكليوتيدات مصفوفة بعضها إلى جوار بعض فى الجين لتحدد وتصف حمضاً أمينياً واحداً فى البروتين. وهذه هى الشفرة الوراثية المدهشة. فبكل بساطة يتم تحديد ترتيبات مكونة من 3 نيوكليوتيدات بحيث يعنى كل ترتيب كلمة شفرية فى الجين وينظره حمض أمينى واحد. وعلى هذا الأساس فإن ترتيب هذه الكلمات الشفرية على الجين يخبر الخلية بترتيب الأحماض الأمينية المطلوب لبناء بروتين معين. وتستطيع حروف أربعة النيوكليوتيدات المختلفة أن تكون 64 كلمة شفرية ممكنة مثل أأأ، أأث، ثأأ، أثأ، أثث، ثأث، أثث، ثأث، س ج أ، ث ث ث، وهكذا.







### وهل تطبق الشفرة الوراثية على البشر فقط؟

بالطبع لا. فالشفرة الوراثية تعتبر أحد قوانين الحياة الأساسية. ومن العجيب أن هذه الشفرة تطبق على جميع الكائنات الحية على كوكبنا. فكل الكائنات الحية التي نعرفها سواء كانت بكتيريا، أو تفاحة، أو شجرة، أو كلاباً، أو بشراً، كلهم يستخدمون نفس الشفرة الوراثية من أجل تحديد نفس الأحماض الأمينية العشرين.

ومن الغريب أن هناك تشابهاً في الجينات الخاصة بإنتاج البروتينات الشائعة الموجودة في الإنسان ومثيلتها في البكتيريا. ويدل هذا على أننا نحن البشر نشترك في صفات أساسية مع جميع المخلوقات على كوكبنا.

وبما أن الشفرة الوراثية لا تحتاج إلا إلى وصف 20 حمضاً أمينياً فإن بعض هذه الكلمات ذات الحروف الثلاثة تصف نفس الحمض. فهناك حمض أميني يسمى ليوسين من الممكن أن يتحدد بأي واحدة من الكلمات الأربع الشفرية الآتية : (أ ث ث) أو (ج ث ث) أو (س ث س) أو (ث ث س). وهناك أيضاً بعض الكلمات الشفرية التي تحدد بداية الجين ونهايته. كما أن هناك ترتيبات من النيوكليوتيدات تعمل مثل الإشارات التي توجه البروتينات المنظمة لعمل الجينات. فبعض هذه الإشارات تعطي رسالة للبروتين المنظم أن ينشط الجين أو يقوم بعمل نسخة منه لإرسالها إلى مصانع البروتينات... إلخ.



# كيف تصنع البروتينات

تحدد الجينات للريبوسومات أنواع الأحماض الأمينية التي يجب أن يتم اختيارها وربطها الواحد بجوار الآخر في سلسلة لتعطي البروتين الذي يحتاج إليه الجسم. فالخطوة الأولى من عملية صنع البروتين تحدث في النواة وتمثل في نسخ صورة من الجين على هيئة الشريط رنا الرسول. ثم يغادر هذا الرسول النواة ويذهب إلى السيتوبلازم ليعطي المعلومات لأجهزة الريبوسومات التي تبدأ على الفور في قراءة هذه المعلومات أو هذه الشفرة الوراثية وذلك بملاحظة الأحماض الأمينية الموجودة في الخلية وصفها بالترتيب السليم وبالعدد المضبوط، وهنا يكتمل صنع سلسلة البروتين التي تكون مثل العقد المكون من حبات الخرز المتراسة. وكما نرى فإنه لكي تصنع الريبوسومات البروتين، عليها أن تربط الأحماض الأمينية في ترتيب معين تحدده المعلومات والوصفة على الجين. ويعتبر ترتيب الوحدات في أي بناء حيوي من القوانين الأساسية في إرساء قواعد الحياة على كوكبنا.

## هل يتم إنتاج البروتينات في الخلايا فقط؟

نعم. فالبروتينات تتكون من وحدات البناء التي تسمى بالأحماض الأمينية والتي يوجد منها عشرون نوعاً. وتنفرّد أجهزة الريبوسومات في الخلية بقدرتها على ربط هذه الأحماض الأمينية لتعطي جزء البروتين.

إن البروتينات جزيئات متناهية جدا في الصغر. فإذا رصنا مليونين من البروتينات بعضها إلى جوار بعض فإنها سوف تغطي أقل من المليمتر. وعلى الرغم من أن البروتينات لها أبعاد متناهية في الصغر فإنها جزيئات غاية في التعقيد لدرجة أنه لا يمكن أن يتم صنعها إلا في الخلية. وتتصف بروتينات النوع الواحد بأن لها نفس الشكل وتؤدي نفس الوظيفة. وتتخذ الأنواع المختلفة من البروتينات أشكالاً مختلفة مثل الكرة أو العصا أو الشريط أو الأنبوبة. وكل شكل يتم إعداده لأداء وظيفة معينة.

وبعد أن يتم تجميع حبات الأحماض الأمينية لتكون سلسلة البروتين فإن السلسلة تلتف حول نفسها ليتحدد الشكل النهائي للبروتين وهو الشكل الذي يحدد وظيفة البروتين. ثم يتجه البروتين الجديد ليتخذ موقعه في الخلية أو خارجها على حسب الوظيفة. فبروتين الفيرين مثلاً يصدر خارج الخلية إلى الدم ليؤدي وظيفته هناك. وعادة ما تجتمع بروتينات متشابهة أو مختلفة بعضها مع بعض وتتفاعل حتى تشترك في القيام بعمل واحد مهم.

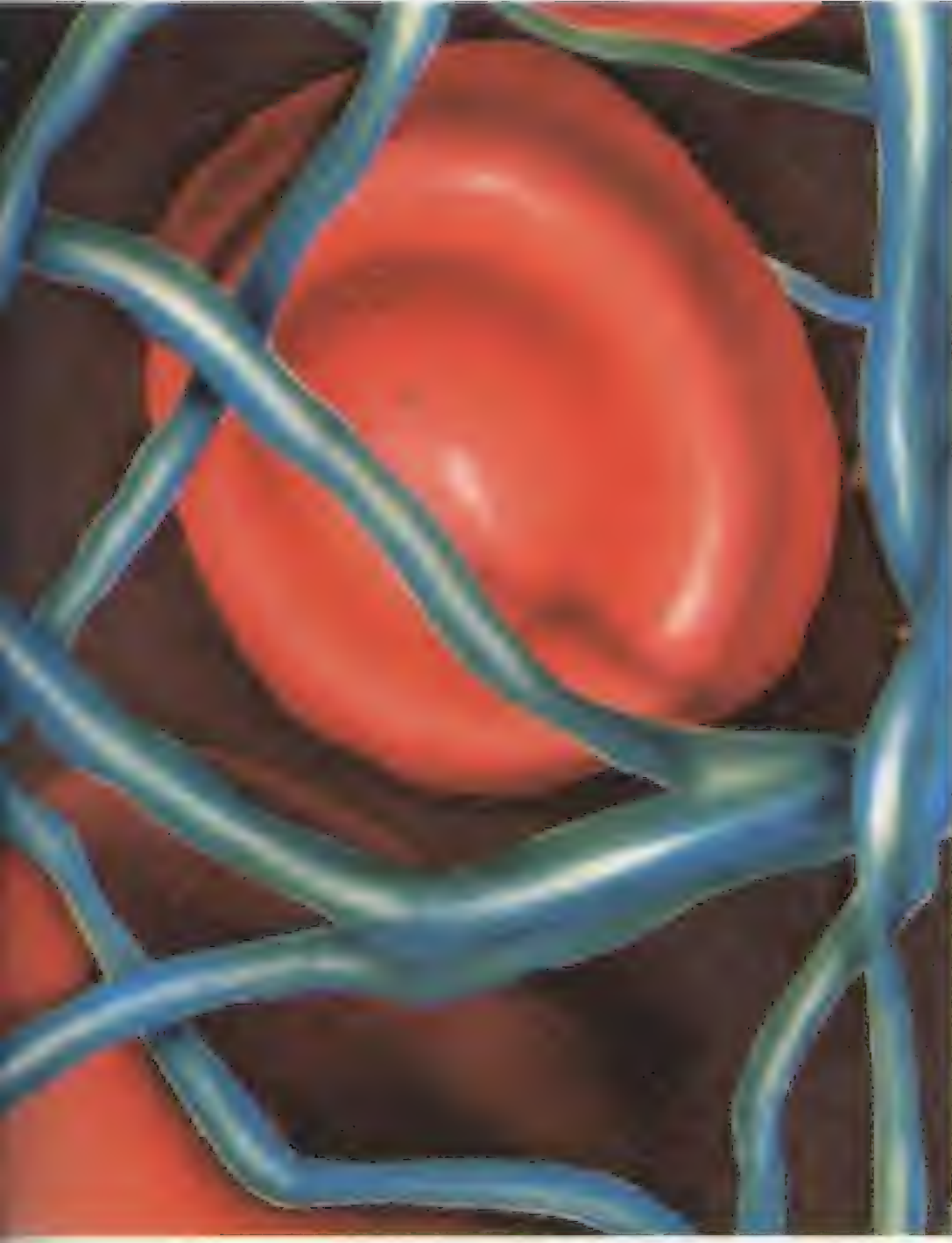
وتختلف البروتينات في عدد الأحماض الأمينية التي تحتويها. فبعضها يتكون من بضع عشرات من الأحماض الأمينية، والبعض الآخر يتكون من الآلاف من الأحماض الأمينية. ويوجد حوالي 100 ألف نوع من البروتينات في جسم الإنسان. ويتم تحديد كل هذه الأنواع من البروتينات بواسطة ترتيب الأحماض الأمينية على سلسلة البروتين.







# الچينات المعطوبة تنتج بروتينات غير سليمة



وخلال كل عملية انقسام يتم عمل نسخة زائدة من الجينات في الخلية بحيث تحصل كل خلية جديدة على نسخة خاصة بها. إذن خلال انقسام الخلية الملقحة إلى بلايين الخلايا الجديدة يتم عمل بلايين النسخ من الجينات لتوزيعها على تلك الخلايا وفي خلال هذه الانقسامات تحدث بعض الأخطاء الصغيرة في نسخ بعض المعلومات على جين ما، فيكون جينا معطوبا مما قد يتسبب في إنتاج بروتينات غير سليمة مثلما يحدث عندما تدير خطأ قرص التليفون فلا تحصل على الاتصال الصحيح.

وفي معظم الأحيان لا تتسبب الأخطاء التي تحدث في جين في خلية ما في أي مشكلة لأن هناك العديد من الخلايا الأخرى التي تنتج البروتين السليم، فضلا عن أن الخلية التي تحتوي على الجين غير السليم تموت بعد ذلك وبهذا فإنها لا تنقله إلى ذريتها. ولكن المشكلة الحقيقية تبدأ عندما تحدث أخطاء في أحد الجينات التي تنظم عملية الانقسام، إذ قد تصاب الخلية بالجنون فتتقسم بسرعة وبلا توقف مما يؤدي إلى تكوين كتلة من الخلايا لتعطي ما نسميه بالورم. أما المشكلة العظمى فتحدث عندما تحتوي خلية البويضة أو خلية الحيوان المنوي على جين غير سليم. ففي هذه الحالة سوف ينتقل هذا الجين إلى جميع الخلايا المكونة لجسم الجنين الذي ينمو.

أذكركم بأن كل خلية في الجسم تحتوي على نسختين من كل جين، نسخة جاءت من خلية الأم ونسخة من خلية الأب. وأسوأ ما يمكن أن يحدث هو أن تكون هناك أخطاء في نسختي الجين. فإذا لم يحصل الجنين على جين سليم لإنتاج البروتين الصحيح، فقد يبتلى الطفل بمرض وراثي مثل سيولة الدم.

وقد يصاب الطفل بمرض وراثي لا يوجد عند أبويه. وذلك عندما يكون لكل من الوالدين نسخة غير سليمة من جين ما وأخرى سليمة. بحيث تنتقل النسخة غير السليمة من كل من الأم والأب إلى الجنين. ومعظم الآباء عادة لا يعرفون أن لديهم جينا معطوبا لأن الجين الآخر السليم يقوم بواجبه.

## وهل يؤدي كل جين معطوب إلى حدوث المرض؟

إطلاقاً! فهناك خلايا أخرى تحتوي على الجين السليم وتنتج البروتين السليم فتعوض النقص. بل إنه أحيانا ما يحدث خطأ في جين ما وينتج عنه بروتين يؤدي وظيفته بطريقة أكثر كفاءة. فمثلاً قد تتسبب بعض الطفرات في تكوين إنسان له القدرة على الجري أسرع من المعتاد في الارتفاعات العالية حيث تقل نسبة الأكسجين، أو تكوين شخص مناعته أفضل. وبالطبع تورث هذه الصفة الجديدة المفيدة إلى ذرية هذا الشخص.

تحتوي الجينات على وصفات ومعلومات لإنتاج البروتينات التي تحتاج الخلية إليها لتؤدي وظائفها. فالبروتينات هي التي تعمل وتتحرك وتتفذن من أجل تكوين كائن حي كبير ومعقد التركيب مثلكم ومثلي... أي هي التي تجعلنا أحياء.

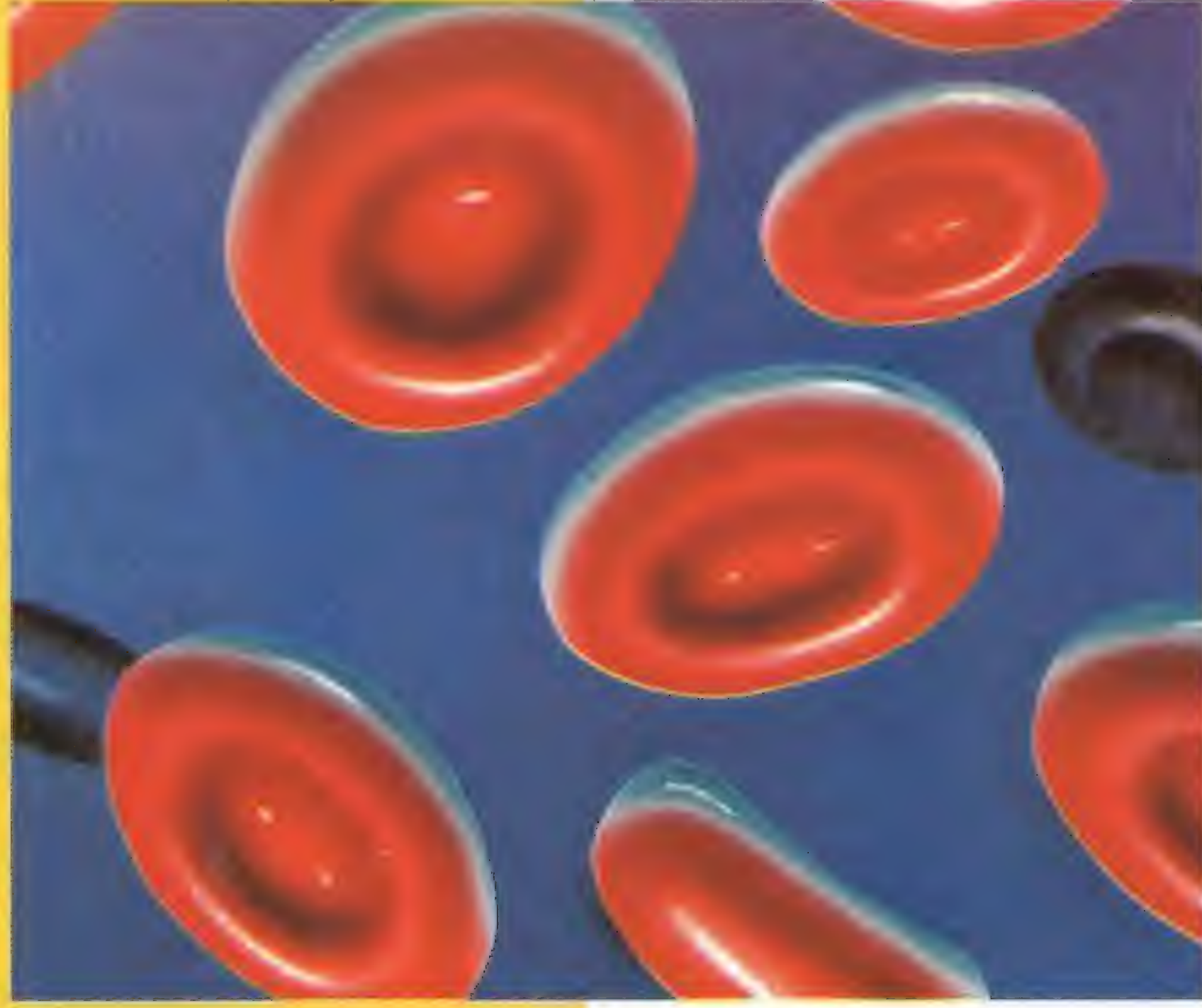




قبل أن تنقسم الخلية عليها أن تتأكد من حصول كل خلية جديدة ( الخلايا البنات) على نسخة كاملة من شريط الدنا الموجود في خلية الأم. وتبدأ هذه العملية بانفصال سلسلتى الدنا بعضهما عن بعض، بحيث تصبح كل واحدة سلسلة منفردة.

وبانفصال السلسلتين تصبح النيوكليوتيدات على كل سلسلة مكشوفة وغير مرتبطة. وهذا بالطبع لا يفيد لأن كل نيوكليوتيد قد عقد صداقة مترتبة وأبدية منذ أزمان عبرت مع نيوكليوتيد آخر ولا يحيا بدونه. وبهذا فترتيب النيوكليوتيدات على السلسلة الفردية يحدد ترتيب النيوكليوتيدات على السلسلة المقابلة لها التي سوف تتكون أمامها. وهذا ما يحدث تماما. فالنيوكليوتيدات الحرة تحضر إلى الموقع ويتحرك كل نيوكليوتيد ليرتبط بالنيوكليوتيد صديقه الأوحده على السلسلة الفردية. فيرتبط كل من النيوكليوتيد (أ) الأحمر و (ث) الأزرق بعضهما ببعض دائما. ويرتبط كل من النيوكليوتيد (س) الأصفر و(ج) الأخضر بعضهما ببعض دائما. وهكذا تستمر عملية الارتباط حتى يتم تكوين سلسلة جديدة من النيوكليوتيدات مقابلة لكل سلسلة فردية أصلية مما ينتج عنه تكوين نسختين جديدتين من شريط الدنا (كل نسخة مكونة من سلسلتين من النيوكليوتيدات مترابطتين بعضهما ببعض على شكل سلم حلزوني). وعلى الرغم من أن الأخطاء في عملية النسخ (في ترتيب النيوكليوتيدات) نادرا ما تحدث، إلا أنها قد تحدث في حالات قليلة جدا مما ينتج عنه تكوين جين غير سليم. وربما يؤدي هذا الجين إلى إنتاج بروتين غير سليم يسبب المرض مثلما هو الحال في مرض الهيموفيليا.

انظر جيدا إلى سلاسل الدنا الجديدة هذه التي قد تم تكوينها الآن. فواحدة منهما تحتوى على خطأ في ترتيب النيوكليوتيدات. هل تستطيع أن تعرف أى واحدة منها؟





# طب الجينات والبروتينات

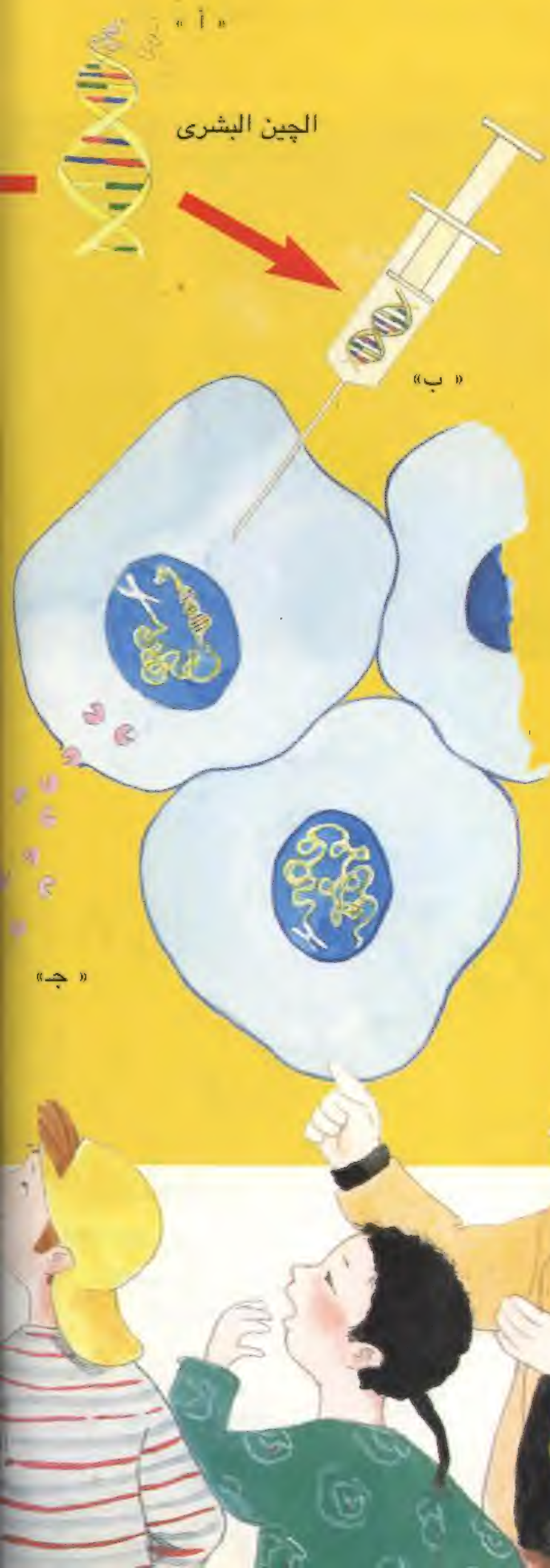
هيا بنا نبحث كيف تستخدم التطورات العلمية فى مجالات أبحاث الجينات والبروتينات فى علاج مرض الهيموفيليا والأمراض الوراثية الأخرى. فمن المعروف أن الجينات المعطوبة تسبب عدة مئات من الأمراض الوراثية التى تشمل الهيموفيليا.

## وهل من الممكن إصلاح الأخطاء فى الجين؟

للأسف لا يمكن ذلك. وحتى إذا استطعنا تحديد الخطأ فى جين ما فإنه من الصعب جداً أن نستبدل بالجزء المصاب جزءاً سليماً. وذلك لأننا لا نستطيع أن نرى شريط الدنا أو حتى النواة - التى هى أكبر منه بكثير- بالعين المجردة. كما أن إصلاح جين فى بعض الخلايا دون غيرها لن يفيد لأنه لن ينتج كمية كافية من البروتين المناظر من هذه الخلايا.

## ولماذا إذن لا نعطى الخلايا نسخاً سليمة من الجين؟

هذه فكرة جيدة وهذا ما يحاول أن يفعله الباحثون فى علم الجينات، فيقومون بحقن الخلايا بنسخة من الجين السليم حتى يتم إنتاج البروتين السليم فى هذه الخلايا. ولكن حقن بعض الخلايا بالجين السليم لا يكفى لإنتاج الكمية المطلوبة من البروتين. والحل الأمثل هو حقن جميع خلايا الجسم. ولكنه من غير الممكن حقن كل خلية فى الجسم على حدة فهناك البلايين منها. ويبحث العلماء عن وسيلة يمكنها اختراق جميع خلايا الجسم لتضع الجين السليم فى كل واحدة منها حتى يتم إنتاج البروتين المطلوب بكمية كافية. ويعتقد العلماء أنه من الممكن إيجاد وسيلة لعمل ذلك (كما سنرى فيما بعد). ولكن ما الحل المتاح أمام العلماء لإمداد مرضى الهيموفيليا بالبروتين اللازم لتجلط الدم؟





## هل من الممكن الحصول على البروتين من أشخاص آخرين أو من الحيوانات واستخدامه في العلاج؟

نعم ، وهذا بالفعل ما حدث خلال السنوات الماضية . فيتم تنقية البروتينات اللازمة لتجلط الدم من دم المتبرعين الأصحاء وإعطائها للمرضى . ولكن لهذا الأسلوب من العلاج مخاطره ، فالبروتينات التي يتم الحصول عليها قد تحمل فيروسات قاتلة من دم المتبرعين .

هل يمكنكم أن تفكروا في طريقة أخرى؟ دعوني أعطيكم بعض التلميحات لتساعدكم على هذا . أنتم تعلمون أن جميع الخلايا في جميع الكائنات الحية تستعمل نفس الشفرة الوراثية ونفس الأنواع من الأحماض الأمينية . إذن فكروا فيما قد يحدث لو وضعنا الجين المطلوب في خلايا غير بشرية (خلايا أجسام كائنات أخرى) .

## وهل تستطيع كائنات أخرى إنتاج البروتين الخاص بجسم الإنسان؟

يألها من فكرة! فمريض الهيموفيليا لا يستطيع أن ينتج البروتين المطلوب لأن خلاياه تحتوي على جين غير سليم . كما أن خلايا الكائنات الأخرى لا تنتج البروتين المطلوب لأنها لا تحتوي على الجين الخاص بهذا البروتين البشري ، ولهذا لجأ علماء الهندسة الوراثية إلى حيلة ممتازة . فلقد استطاعوا الحصول على الجين المطلوب سليماً من جسم إنسان سليم ثم وضعوه في خلية غير بشرية مع السماح لها بأن تنقسم مرات عديدة لتولد خلايا عديدة . وبما أن كل واحدة من هذه الخلايا تحتوي على الجين البشري فإن كل واحدة منها تستطيع أن تقرأ الجين وتصنع البروتين المناظر له . وبهذا فإن كل هذه الخلايا تستخدم كمصانع لإنتاج البروتين المطلوب بكميات كبيرة جداً تسمح بإعطائها للمرضى بلا خوف من مخاطر نقل الدم من جسم إلى جسم آخر .

إنها فكرة مذهلة حقاً ، كما أن العلماء قد نجحوا في تطبيقها . وهذه هي الطريقة التي يستخدمها الخبراء لتغيير جينات النباتات والحيوانات والبكتيريا حتى تنتج البروتينات البشرية الضرورية لعلاج الأمراض .

كيف يساعد خبراء الجينات مرضى الهيموفيليا (سيولة الدم) ؟

1 - نرى هنا الجين البشري ( شكل أ ) . الخاص بتجلط الدم والذي تم عزله من إحدى خلايا جسم إنسان سليم .

2 - في المعمل يتم إدخال هذا الجين في شريط الدنا الخاص بالبكتيريا ( شكل ب ) . تقوم البكتيريا بعد ذلك بإنتاج البروتين المناظر للجين (الأشكال الهلالية الحمراء) .

3 - يحصل الأطباء على البروتين السليم من البكتيريا ويحقنوه في المرضى ( شكل ج ) .

4 - ومن ناحية أخرى ، فإنه يمكن نقل الجين السليم مباشرة إلى خلايا جسم المريض التي تحتوي على جين غير سليم ( شكل ب )

5 - يحل الجين السليم محل غير السليم في خلايا جسم المريض . ثم تبدأ بعد ذلك هذه الخلايا في إنتاج بروتين تجلط الدم ( شكل ج ) . وتسمى هذه الطريقة : العلاج بواسطة الجينات .

6 - وفي حالة حدوث أى جرح بعد ذلك فإن البروتينات الجديدة تساعد على تجلط الدم .





# جينات البشر فى لبن النعاج

السبب فى نجاح أساليب علماء الجينات أن جميع الخلايا التى توجد على وجه الأرض تستعمل نفس اللغة التى تبنى بها الجينات والبروتينات. فهذه الخلايا ما هى إلا مصانع بروتينات تعمل وفقاً للتعليمات الصادرة إليها من الجينات. فالجينات المختلفة تنتج بروتينات مختلفة، وهذه بدورها تكون خلايا مختلفة تتجمع لتنشأ كائنات مختلفة. فخلية من ثدى نعجة لا تنتج بروتين تجلط الدم البشرى إلا إذا حصلت على الجين البشرى الذى يعطيها الأوامر لتقوم بهذا. وهذا هو ما يقوم به خبراء الهندسة الوراثية.

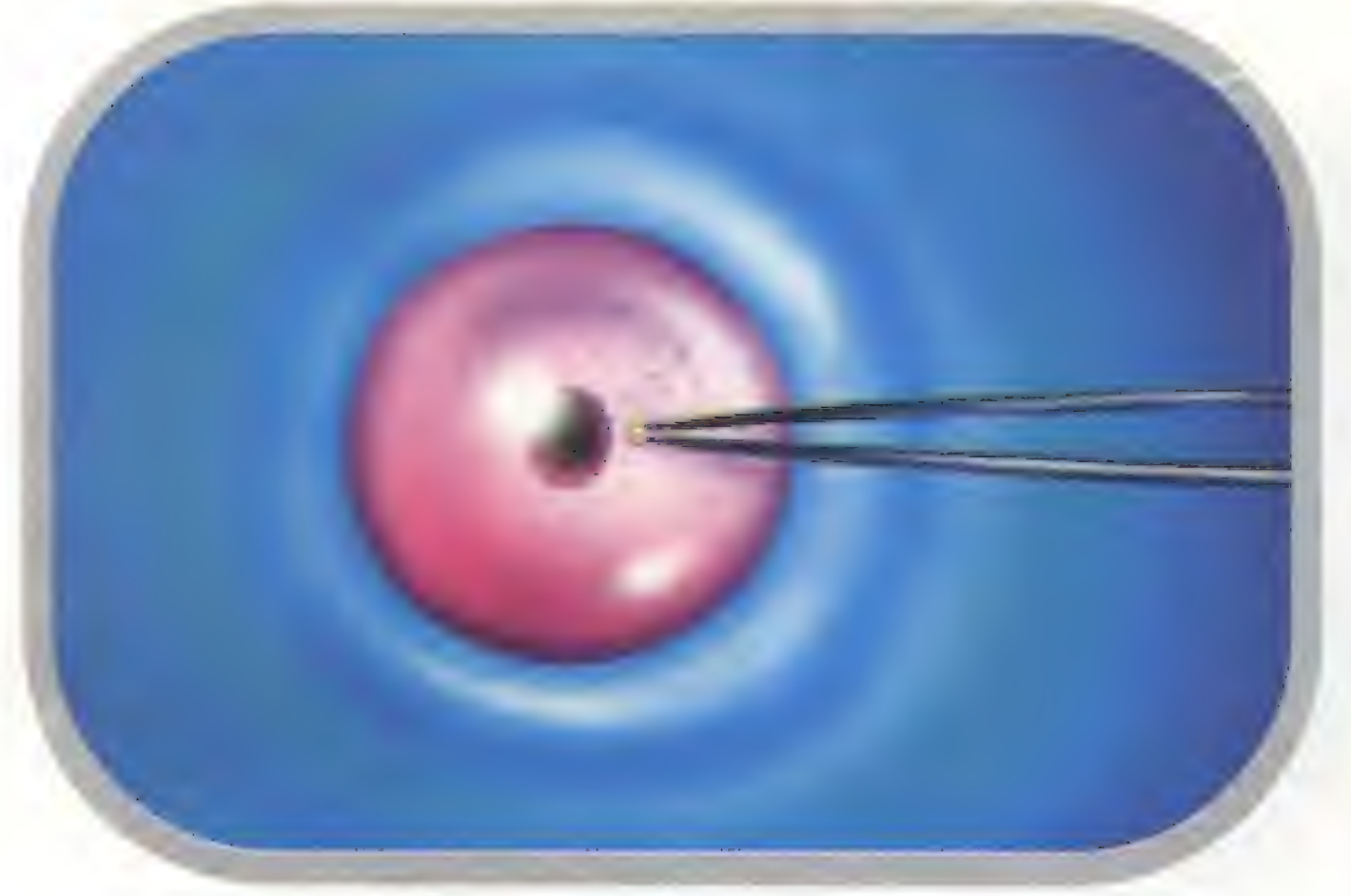
ويعرف علماء الوراثة بالتحديد الجين البشرى المسئول عن إنتاج بروتين تجلط الدم. كما أنهم يستطيعون أن يعزلوا هذا الجين من الدنا فى جسم الإنسان، ثم أن يميزوه بالعلامات اللازمة ليصبح نشيطاً فى خلية معينة. فإذا وضع هذا الجين المعدل فى خلية من خلايا ثدى النعجة (خلايا تنتج جميع البروتينات الموجودة فى اللبن) فإنها تنتج هذا البروتين وتفرزه فى اللبن أيضاً.

ويستخدم علماء الوراثة إبرة غاية فى الصغر ليحقنوا بها الجين البشرى المعدل فى بويضة مخصبة من النعجة. ومن هنا ينتقل الجين المعدل إلى شريط الدنا الموجود فى جميع خلايا جنين النعجة الذى يتكون من انقسام البويضة مرات عديدة. فتقوم هذه الخلايا بإنتاج البروتين البشرى بالإضافة إلى إنتاج البروتينات الخاصة بالنعجة. ولا يؤثر هذا الجين البشرى فى شكل ووظيفة هذه النعجة الصغيرة.

وعندما تنمو النعجة الصغيرة وتصبح أما فإنها سوف تفرز لبناً مختلفاً بعض الشيء عن اللبن الطبيعى للنعاج. فهذا اللبن يحتوى على بروتين تجلط الدم البشرى بالإضافة إلى البروتينات الأخرى الطبيعية. وبالطبع فإن النعجة لا تحتاج إلى هذا البروتين ولكن المريض المصاب بالهيموفيليا يكون فى أمس الحاجة إليه إذا جرح إصبعه.

فبروتين تجلط الدم هذا قد تم إنتاجه فى جسم النعجة طبقاً لتعليمات من الجين البشرى، ولهذا فإنه لا يختلف فى الشكل أو الوظيفة عن نفس البروتين الذى ينتج فى جسم الإنسان. ويتم بعد ذلك تنقية هذا البروتين من لبن النعجة وحقنه فى دم مريضى الهيموفيليا لعلاجهم لتتجلط دماؤهم بشكل طبيعى.





### وماذا يحدث لذرية هذه النعجة؟

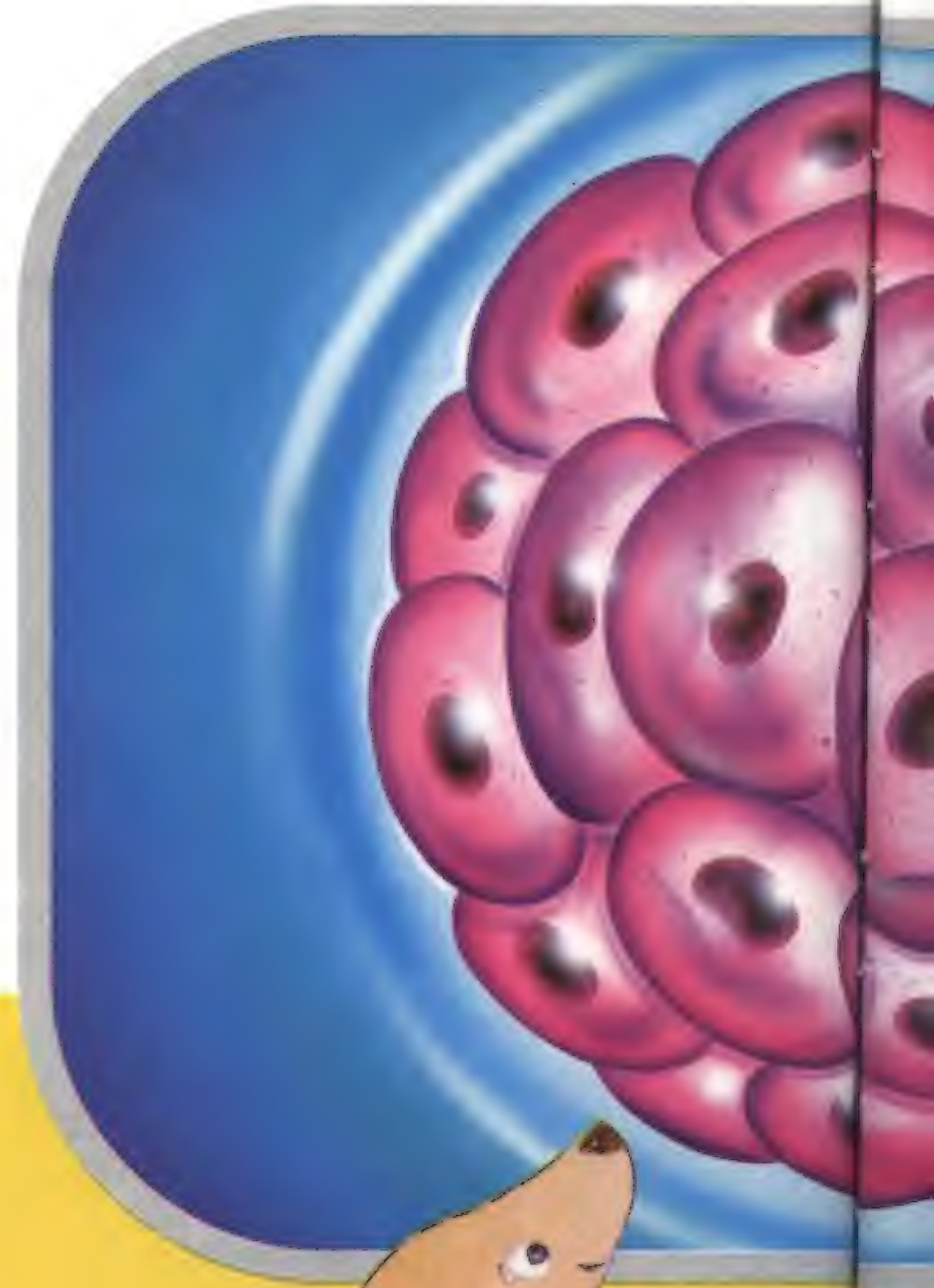
بالطبع سوف ينتقل هذا الجين بالوراثة إلى جميع أنجال هذه النعجة مثل أي جين طبيعي خاص بها. وفي هذه الحالة نطلق على هذا النوع من الحيوانات اسم حاملات الجينات (المهجنة) لأنها تحمل جينا خاصا بكائن آخر بصفة دائمة وتنقله إلى ذريتها. وتنقل النعجة حاملات الجينات كل الجينات الخاصة بها بالإضافة إلى نقل الجين البشرى إلى أنجالها بنفس الطريقة التي يتم بها نقل الجينات التي تجعل الخراف تتغو (تماماً) و لا تنبح.

### وهل يستطيع العلماء أن يجعلوا بعض الخراف تنبح؟

أعتقد أن هذا ليس ممكناً. فالقدرة على النباح تعتمد على تعاون وتفاعل مئات من الجينات والبروتينات بطريقة غاية في التعقيد يصعب تصورها. وما حاجتنا إلى أن نجعل الخراف تنبح؟ هل الهدف أن نسبب الحيرة لكلب راعي الغنم !!! آه يا أشقياء !

### وهل تنتقل الجينات بين الكائنات الحية بطريقة طبيعية؟

نعم ، فكثير من الفيروسات تضع الجينات الخاصة بها في أي موقع من شريط الدنا الخاص بالخلية العائلة مما يؤدي إلى حدوث أخطاء في الجينات والتي بدورها قد تجعل الخلية تنقسم بطريقة جنونية بلا توقف لتكون ورماً. وفي أحيان أخرى، تغزو الفيروسات الخلايا وتكمن فيها بدون إحداث أي ضرر للخلية، وفي هذه الحالة تندمج جينات الفيروس مع جينات الخلية مما يؤدي إلى انتقال جينات الفيروس إلى ذرية هذا الحيوان. وعلى العكس من ذلك الطريقة التي يستخدمها علماء الهندسة الوراثية، فهم يعرفون بالتحديد الموقع المراد نقل الجين إليه في شريط الدنا ويعرفون كيف يتم هذا النقل بنجاح بدون إحداث أي ضرر للحيوانات.





# نبات التبغ والبكتريا في خدمتنا

يستطيع العلماء إدخال أى  
جين بشرى (أ) فى خلية  
نبات (ج) أو بكتريا (د) أو  
أى خلية من خلايا الجسم مثل  
خلية الجلد (ب) . ثم تقوم  
بعد ذلك هذه الخلايا بإنتاج  
البروتين المطلوب (هـ).



ب



هـ

فى كثير من الأمراض الناتجة عن نقص فى بروتينات معينة نجد أن  
جذور المشكلة تكمن فى العديد من الجينات وليس فى جين واحد . وفى  
هذه الحالات يصعب علاج المرضى بواسطة إمدادهم بالجينات أو  
البروتينات الناقصة . ولهذا يلجأ الخبراء إلى أسلوب آخر للعلاج .

ومثلنا هنا هو مرض السكر الذى ينتج من نقص فى بروتين الإنسولين ،  
فبالرغم من وجود جين إنسولين سليم ، فإن هناك نقصا فى مستوى هذا  
البروتين بسبب إصابات للخلايا التى تنتجه . وفى الحالات الطبيعية ، يتم  
تصنيع الإنسولين فى خلايا متخصصة فى البنكرياس (غدة فى البطن) .  
ويقوم الإنسولين بإخبار خلايا الكبد أن تأخذ السكر الزائد من الدم  
وتخزنه فى صورة نشا . وعندما يكون الإنسولين ناقصا ، فإن معظم السكر  
يبقى فى الدم مما يؤدى إلى أضرار لأوعية الدم والعيون . فهؤلاء المرضى  
غير مسموح لهم بتناول إلا القليل من المواد السكرية . ولذا فهم يحقنون  
أجسامهم بالإنسولين يوميا حتى يحفظوا نسبة السكر فى الدم فى  
المستوى الطبيعى .

## ومن أين نحصل على هذا الإنسولين يا أستاذنا؟

حتى وقت قريب كان يتم تنقية الإنسولين من البنكرياس المقطوع من الخنازير  
والبقر المذبوح . أما فى هذه الأيام ، فلقد نجح العلماء فى إضافة جين  
الإنسولين البشرى (الذى يجعل خلايا البنكرياس فى جسم الإنسان تفرز  
الإنسولين) إلى البكتريا حتى تنتج لنا كميات هائلة من الإنسولين . وكما ترون  
يا أصدقاء فالبكتريا فى هذه الأيام مشغولة فى صنع الإنسولين البشرى!!!

## وماذا يحدث إذا خرجت هذه البكتريا من المعمل إلى البيئة الخارجية؟

هناك احتمال كبير ألا تعيش هذه البكتريا التى تم تغييرها وتعديلها خارج  
المعمل . فسوف تكون هناك منافسة كبيرة بين هذه البكتريا المعدلة  
والبكتريا الطبيعية فى البيئة الخارجية . فهذه البكتريا الأخيرة ليست مجبرة  
على صنع بروتينات غير لازمة لحياتها . أما البكتريا المعدلة فهى مسخرة  
ومجبرة على إفراز البروتين البشرى وهى ليست فى حاجة إليه . ولهذا فإن  
البكتريا الطبيعية سوف تتغلب على البكتريا المعدلة (أى أن الطبيعية سوف  
تتكاثر وتنتج أعدادا هائلة من أنجالها أكثر بكثير من البكتريا المعدلة)  
مثلما تتفوق الذئب فى البرية على مجموعة من كلاب البول أو من كلاب  
الدشهند ذات الأرجل القصيرة . هذا بالإضافة إلى أنه إذا عاشت بعض  
البكتريا المعدلة فى البيئة الخارجية ، فإنه غالبا لن تسبب أى مشكلات لأنها



تختلف عن البكتيريا الأخرى فى احتوائها على بروتينات بشرية. ومع ذلك فإن العلماء يبذلون قصارى جهدهم فى عمل الاحتياطات اللازمة وعدم السماح للبكتيريا المعدلة أن تعيش فى البيئة الخارجية.

### وهل تستطيع النباتات أن تقرأ الجينات البشرية أيضاً؟

بالطبع نعم. فالنباتات تفهم الشفرة الوراثية لأنها كائنات حية هى الأخرى. فعلماء الجينات وضعوا جينات فى خلايا نبات التبغ لتجعلها تنتج بروتينات الأجسام المضادة البشرية التى تستخدمها خلايا المناعة فى الجسم لمحاربة الغزاة من البكتيريا والفيروسات. كما أن الأجسام المضادة ترتبط بالمواد الخطيرة فى الدم (مثل السموم) وتبطل مفعولها. ولهذا فهذه الأجسام تستخدم كدواء فعال فى مجال الطب. فبعد إدخال الجينات المطلوبة فى نبات التبغ يتم زراعته لإنتاج كمية كبيرة منه للحصول على البروتين المطلوب



لاستخدامه فى علاج الأمراض. وأخيراً فلقد وجدنا فائدة من استعمال نبات التبغ!

كما أن العلماء نجحوا فى إنتاج سلالات من النباتات تقاوم الآفات. فهناك أنواع من البنجر تنتج بروتينا يجعلها تقاوم الآفات التى تأكلها. فحصل الباحثون على الجين المسئول عن هذا البروتين ثم أدخلوه فى خلايا نبات البنجر الذى لا يقاوم الآفات (لأنه لا يحتوى على هذا الجين). فنتج عن ذلك البروتين المقاوم للآفات فى هذا النوع من البنجر وبذلك تحول إلى بنجر مقاوم للآفات.





# الفيروس هو الدواء

كما رأينا، فإن خلايا الحيوانات والنباتات والبكتيريا التي تم تعديلها في المعمل من الممكن أن تستخدم لإنتاج بروتينات لا تنتجها أجسام بعض المرضى . ومع أن مثل هذا العلاج لا يشفى المريض إلا أنه يساعده على أن يعيش حياة أفضل . ولكي يتم شفاء المرضى فإننا نحتاج إلى وسيلة لها القدرة على أن تنتقل بين خلايا الجسم وتنقل لكل واحدة منها صورة من الجين السليم بدلا من الجين غير السليم . وتعتبر الفيروسات الوسيلة المثالية لهذا العمل .

## ولكن الفيروسات تسبب لنا الأمراض، أليس كذلك؟

نعم . فالفيروس كائن صغير جدا جدا، يتكون من غلاف من البروتين يحتوى على الجينات الفيروسية . وهدفه الوحيد هو غزو خلايا الجسم وإدخال جيناته فيها، ثم تسخير هذه الخلايا لإنتاج عدد يصعب حصره من الفيروسات التي تسبب أمراضا مثل الأنفلونزا والجدرى وغيرهما . ولكن الباحثين توصلوا إلى طريقة لتغيير جينات الفيروس وإنتاج فيروسات معدلة تساعد في شفاء الإنسان من الأمراض بدلا من إصابته بها .

## وكيف يتم ترويض الفيروس، يا أستاذنا؟

إن أول خطوة في هذه العملية هي أن يفهم العلماء الجينات الفيروسية ودورها في حدوث المرض . وبعد ذلك يقومون بنزع الجينات الخطيرة من الفيروس مع ترك الجينات المهمة اللازمة لعمله كوسيلة لنقل الجينات السليمة إلى خلايا الجسم . وبهذه الطريقة استطاع الباحثون أن يحولوا الفيروس المؤذى إلى خادم مطيع مفيد .



نرى أمامنا كيف ينقل الفيروس جيناته والجين البشرى السليم إلى خلية جسم مريضة. فتبدأ الخلية في إنتاج البروتينات السليمة التي تخرج من الخلية لأداء وظيفتها. وبالطبع يحتوى كل من الخلية والفيروس على أغشية للتغطية ولكن جزءا من هذه الأغشية قد رفع حتى نرى ما يحدث فى الداخل.

فبعد أن يتم تكوين الفيروس المعدل غير الضار يضاف إليه الجين البشرى المطلوب. ثم يتم إدخال هذا الفيروس المعدل إلى بعض الخلايا التي تنمو فى المعمل خارج الجسم حتى يتم إنتاج كميات كبيرة من هذا الفيروس. فيحصل العلماء على هذه الفيروسات ويحقنونها فى المرضى. وبعد أن تغزو هذه الفيروسات خلايا الجسم فإنها لا تجبر الخلايا على إنتاج فيروسات جديدة (لأنها معدلة) بل تنقل لها نسخة من الجين السليم.

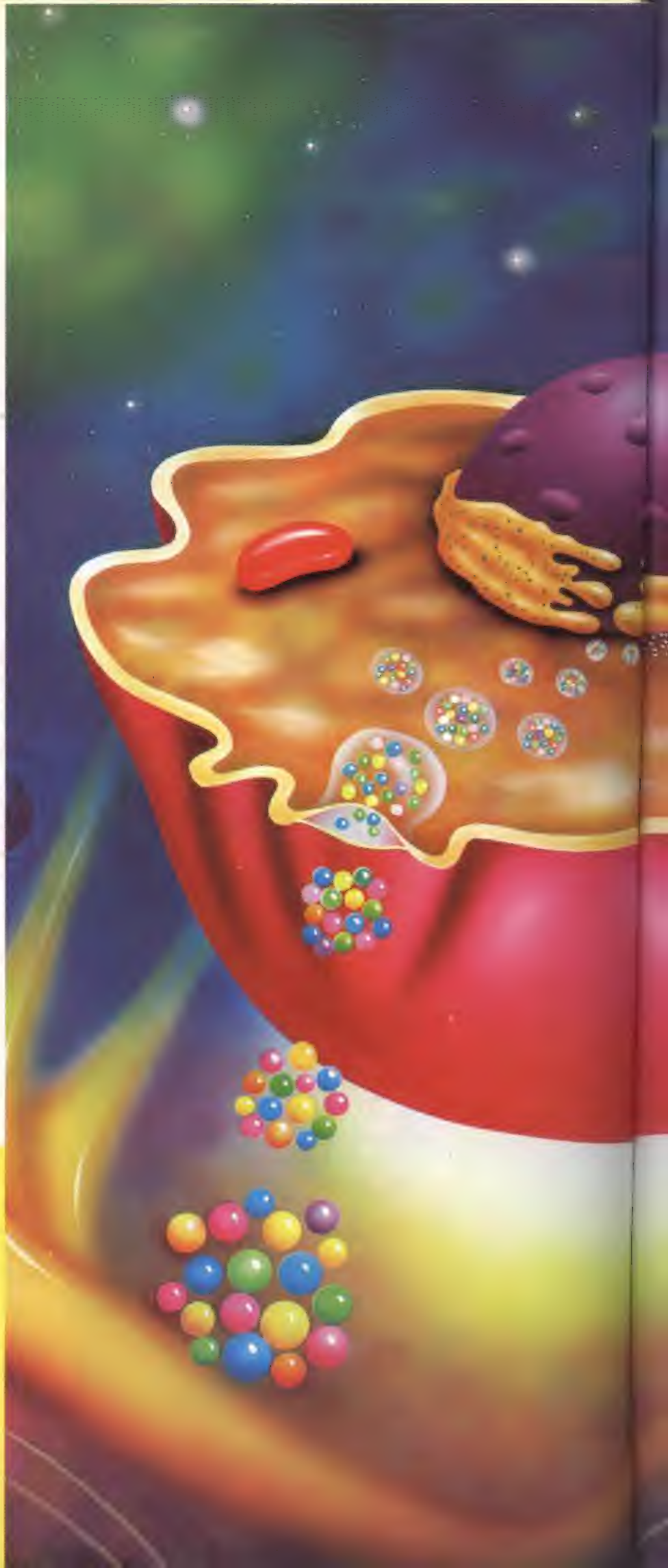
وإذا سارت الأمور حسب الخطة فإن الخلايا المصابة بالفيروس تبدأ فى إنتاج البروتين السليم وبالطبع يشعر المريض بالتحسن ويشفى.

### وهل تم علاج الأمراض بهذا الأسلوب؟

بما أن هذه طريقة جديدة فى العلاج ومعقدة جدا ، فإنها لم تحقق النجاح المتوقع لها حتى الآن . فبعد تجربتها على بعض المرضى ، وجد أن الفيروس يغزو عددا قليلا من الخلايا وان البروتين المطلوب يتكون بكميات صغيرة ولفترة زمنية بسيطة لا يتكون بعدها. ومن المتوقع أن يحتاج الأمر إلى عدة سنوات من الأبحاث فى تحسين هذا الأسلوب حتى يحقق النجاح. وإذا تحقق هذا فإن خلايا الجسم سوف تتعلم كيف تنتج بنفسها البروتين السليم الذى تحتاج إليه لأنها سوف تطيع أوامر الجين السليم الذى تحضره الفيروسات إليها.

### وهل سوف ينجب المرضى المعالجون بالفيروس أولادا أصحاء؟

للأسف لا. وذلك لأن كمية محدودة فقط من خلايا الجسم تستقبل الجين السليم. ولكى يتم إنتاج أولاد أصحاء فإنه لابد أن ينتقل الجين السليم إلى خلية البويضة أو الحيوان المنوى (الخلايا الجنسية) حتى ينتقل الجين إلى الجنين أثناء التكوين. وبالطبع فإنه غير مسموح بعمل تجارب على الخلايا الجنسية لأنها قد تؤدي إلى تكوين أطفال مشوهين غير أصحاء.





# قص ولصق الجينات

ربما يبدو لنا أن قص الجينات من مكان ولصقها في مكان آخر عمل بسيط. ولكنه في الحقيقة يتطلب أساليب وخطوات غاية في التعقيد. فشريط الدنا الذي يحتوي على كل الجينات هو خيط رفيع جدا حتى إننا لو وضعنا مليون خيط من الدنا الواحد بمحاذاة الآخر فإنها سوف تغطي مسافة أقل من مليمترين! كما أن الدنا يحتوي على بلايين الحروف الوراثية تماماً مثل مكتبة ضخمة زاخرة بالآلاف الكتب وكل هذا يوجد في النواة. ولهذا فإن الباحثين يستخدمون أساليب وأدوات متخصصة لفرز قطع الدنا والبحث عن الجين المطلوب.

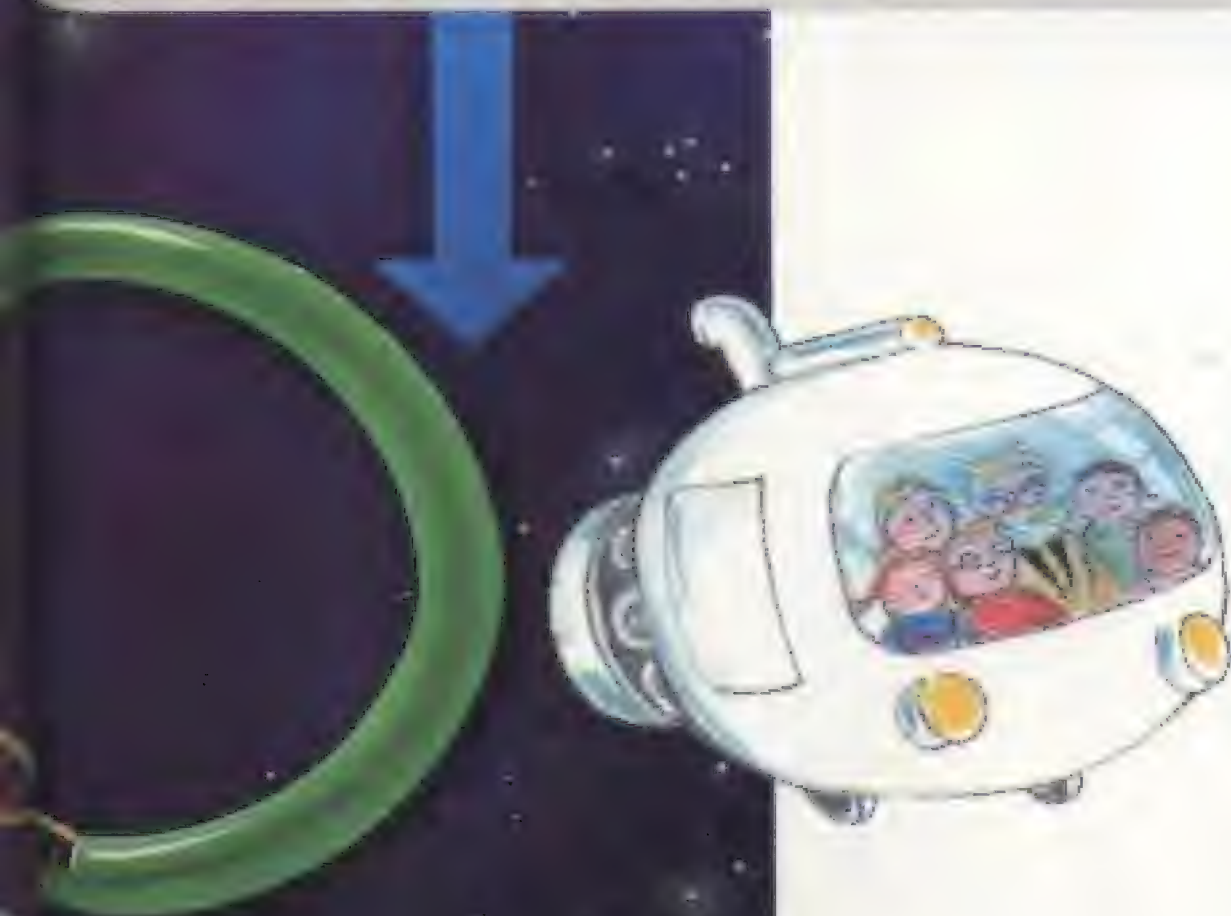
## وكيف تبدو هذه الأدوات المتخصصة؟

هناك مجموعة من البروتينات التي ترعى وتهتم بمختلف شئون شريط الدنا. فمنها بروتينات تفك الحلزون وبعضها يكون الحلزون، والبعض الآخر يلحم الأجزاء المقطوعة في سلم الدنا، والبعض يصلح من الترتيب الخطأ للنيوكليوتيدات. كما أن هناك بروتينات تشق سلم الدنا طولياً لتفصل بين السلسلتين، وهناك بروتينات تقوم بنسخ الجينات كلها أو بعضها. فضلاً عن ذلك، فهناك الكثير من الوظائف الأخرى التي تؤديها البروتينات لرعاية الدنا.

وتمثل مجموعة البروتينات التي تحدثنا عنها الأدوات التي يستخدمها الباحثون. ومن أهم هذه الأدوات نوع من البروتينات التي تعمل مثل المقص لأنها تقص شريط الدنا في مواقع محددة لتعطي لنا الجزء من الدنا الذي يريده العلماء. فمثلاً هناك بروتين يقطع شريط الدنا عندما يرى ترتيباً من النيوكليوتيدات مثل (س ث أ ج) ويتم القطع في مكان محدد وهو بين الـ (ج) من اليسار والـ (أ) التي تليها على الفور. وهناك بروتينات تقص الدنا في مواقع مختلفة، ويمكنكم أيضاً باستخدام هذه البروتينات أن تقصوا الدنا.

## وكيف يلصق الباحثون الجينات؟

لنأخذ مثلاً على ذلك كيفية لصق جين الإنسولين البشري في الدنا الخاص بالبكتيريا. عندما تقطع البروتينات الدنا فإنها تقطع سلسلتى الدنا في الوقت نفسه، مما ينتج عنه أربع نيوكليوتيدات مفردة على كل جانب من جانبي السلسلة المقطوعة (كما هو موضح داخل المربع) وتسمى هذه الأجزاء





بأطراف اللصق حيث يتم ربط الدنا البكتيرية والدنا البشرية وبها جين الإنسولين عند هذه النقطة. وبهذا يصبح الإنسولين جزءاً من دنا البكتيريا.

ويحتاج الباحثون إلى نسخ عديدة من الجينات لاستعمالها في تجارب القص واللصق الكثيرة. ولكن من المعروف أن هناك نسختين من كل جين في كل خلية في الإنسان. فكيف نحصل على نسخ عديدة إذن؟ يتم هذا أيضاً بمساعدة البكتيريا.

فالبكتيريا تحتوي على أجزاء من الدنا على شكل دوائر صغيرة تسمى البلازميدات. ويستطيع الباحثون استخراج هذه البلازميدات من البكتيريا بدون الحاجة إلى استخراج كل ما تحتويه من الدنا. ولقد أثبتت التجارب أن هذه البلازميدات ذات فائدة عظيمة ولا غنى عنها للباحثين.

هنا بنا نستخرج بلازميد من البكتيريا ونقطعه بأحد بروتينات القص فيتحول من الشكل الدائري إلى خط مستقيم بعد القطع. وعندما نضيف إليه جين الإنسولين البشري المقطوع بنفس البروتين فإن طرفي هذا الجين يلتصقان بطرفي البلازميد، فيلتصقان وكأنهما يتصافحان بقوة، ويتم تثبيت هذا الالتصاق بواسطة بروتين آخر يعمل وكأنه يخييط الأطراف بعضها مع بعض. وبذلك يتحول البلازميد (المعدل الآن بعد إضافة الجين البشري إليه) إلى الشكل الدائري من جديد ولكنه يصبح أكبر لأنه يحتوي على قطع الدنا الخاصة بجين الإنسولين. فإذا أخذنا هذا البلازميد المعدل ووضعناه من جديد في البكتيريا فإنها تتكاثر لتعطي البلايين من البكتيريا الجديدة والتي تحتوي على البلازميد المعدل الذي يحتوي على جين الإنسولين. ومن الممكن إضافة علامات تأمر البكتيريا بتنشيط جين الإنسولين فيها حتى تنتج كميات كبيرة من بروتين الإنسولين.

ونطلق على الدنا المركب من قطع دنا مستخرجة من أنواع مختلفة من الكائنات الحية اسم الدنا المتحد **recombinant DNA**. ويمكن تشبيهه بمادة موسيقية مسجلة من أشرطة تسجيل مختلفة وتحتوي على أغان لحنا ملحنون مختلفون. فالأغاني هي الجينات والخلية هي جهاز التسجيل. فالخلية هنا تحصل على الدنا المتحد وتقرأ ما عليه من معلومات و أغان ( الجينات) ثم تترجمها لنشعر بها ونسمعها (والترجمة هنا بالطبع هي عملية صنع البروتينات). والحق يا أصدقاء إذا تأملنا في عملية صنع البروتين في الخلية لوجدناها أروع من أجمل سيمفونية. فالتعاون والحركات المنظمة والمنسقة والدقيقة التي يتسم بها اللاعبون في عملية إنتاج البروتين كل هذا إنما يعبر عن سيمفونية الخلق البديع الذي لا يماثله شيء.





# كيف يستنسخ العلماء الكائنات الحية؟

تحتوى نسخ الكائنات الحية على نفس المجموعة من الجينات. ولهذا فإن جميع خلايا الجسم هي نسخ بعضها من بعض لأنها تحتوى على نفس المجموعة من الجينات.

ولماذا تختلف خلايا الجسم بعضها عن بعض على الرغم من احتوائها على الجينات نفسها؟ السبب فى ذلك هو أن معظم الجينات توجد فى حالة نوم وسكون ويقوم كل نوع خلية بتنشيط الجينات التى يحتاج هو إليها. ولهذا السبب نجد أن خلايا الكبد تختلف عن خلايا الجلد. وتعتبر البكتريا الأنجال التى تنشأ من خلية بكتيرية ( أم ) نسخا بعضها من بعض، لأنها تحتوى على نفس المجموعة من الجينات مثل الخلية الأم. وبصفة عامة يؤدى انقسام الخلية إلى إنتاج نسخ من الخلية الأم.

## وهل هناك نسخ من البشر؟

لا توجد نسخ من البشر أو الحيوانات. فأنا لست نسخة من أمى ولا من أبى، لأن المادة الوراثية فى جسمى خليط من الجينات الخاصة بأبى و أمى. وهذا ما يجعلنى أبدو مختلفا عنهما.

ولكن كل واحد من التوائم المتشابهة نسخة من الآخر وذلك لأن كلاً منهما له نفس المجموعة من الجينات. والسبب فى ذلك أنه فى بعض الأحيان تنقسم الخلية الملقحة إلى خليتين تنفصلان بعضهما عن بعض وتكون كل خلية منهما جنينا ينمو ليصبح إنسانا. ويتشابه التوءمان فى الشكل لأن كلاً منهما يحتوى على الجينات نفسها. ويستطيع العلماء الآن عمل نسخ من الحيوانات بالقصد. هل تتذكرون النعجة التى تفرز لبنا يحتوى على بروتين تجلط الدم؟ أليس من المفيد أن يكون هناك نسخ عديدة من هذه النعجة؟

لقد قام العلماء بالفعل بعمل نسخ من الحيوانات منذ سنوات مضت. فالأطباء البيطريون المهرة استطاعوا أن يعزلوا الخلية الملقحة بعد أن تنقسم إلى عدة عشرات من الخلايا من رحم الحيوان الأم، ثم يفصلوا هذه الخلايا بعضها عن بعض حتى تنقسم كل واحدة منها على حدة. وبعد أن تنقسم كل واحدة إلى مجموعة خلايا تنقل هذه المجموعة إلى رحم أنثى الحيوان. كما يستطيع البيطريون أن يخزنوا الخلايا فى درجات حرارة منخفضة جدا تحفظها لعدة سنوات لحين الحاجة إليها.





ولقد اكتشف خبراء الهندسة الوراثية حيلة جديدة لعمل نسخ حيوانية. ففي عام 1997 استطاع علماء الوراثة في إسكتلندا أن يثبتوا لأول مرة أنه من الممكن عمل نسخة من حيوان ناضج ، وربما حتى من الإنسان. فلقد استخرجوا نواة الخلية (بكل ما تحتوي من شريط الدنا) من بويضة نعجة ووضعوا بدلا منها نواة تم استخراجها من خلية ثدي في نعجة أخرى. ثم وضعوا هذه البويضة المصممة في جسم نعجة أم. فوجدوا بعد ذلك أن هذه البويضة قد نمت وكونت نعجة نسخة طبق الأصل من النعجة التي تم استخراج النواة من ثديها. ولقد أطلق على هذه النسخة من النعجة اسم دوللي. وهي تحتوي على نفس الجينات الموجودة في النعجة التي استخرجت النواة من ثديها.

وكانت هذه هي المرة الأولى التي يولد فيها أحد الثدييات دون الحاجة إلى أب. فكل ما يحتاج الأمر إليه هو بالطبع الأمهات، وعلماء الوراثة المهرة. والأهم من ذلك أن هذه التجربة أثبتت أن أي خلية في جسم الكائن الناضج تحتوي على كل الجينات القادرة على تكوين وليد جديد.





# عن الكلاب والهندسة الوراثية

إن الجينات وحدها هي التي تحدد صفات الكائنات الحية التي تتوارثها هذه الكائنات من آبائها وتورثها لذريتها. ولذلك فإنه مضيعة للوقت أن يدرس الآباء والأمهات علم الوراثة من أجل أن يستطيعوا أن يحسنوا من صفات أولاد المستقبل. فنحن لا نستطيع أن نغير من الجينات في خلايانا. فنحن نتوارثها من آبائنا بما فيها من صفات محددة مثل لون الجلد والعيون وحجم الجسم ، ثم نورثها بعد ذلك إلى أبنائنا .

وينطبق هذا القانون الوراثي نفسه على جميع الكائنات الأخرى. ولقد أدرك مربو الحيوانات والنباتات ظاهرة توريث الصفات من جيل لآخر ولكنهم لم يكونوا على علم بكيفية عمل الجينات. فلقد اهتم مربو الكلاب باختيار أنواع الكلاب القوية والسريعة والذكية والمخلصة وذات الأرجل القصيرة ، فتم التزاوج بين الكلاب ذات الأرجل القصيرة مع كلاب ذات أرجل قصيرة ، والكلاب السريعة مع السريعة وهكذا. وبالطبع تم نقل هذه الصفات الوراثية إلى الذرية ونتاجت عدة سلالات. فمنها سلالة الدشهند ذات الأرجل القصيرة التي يمكنها مطاردة الأرانب في جحورها ، وسلالة السلوقي (جريهوند) وهي من كلاب الصيد التي تستطيع أن تجرى بسرعة فائقة ، وسلالة البودل التي تلعب بمهارة وتؤدي حيلة ذكية.

## وكيف بدأ ظهور كلاب ذات أرجل قصيرة ؟

السبب في ذلك أن الجينات في خلايا الكلاب الأخوة كانت مختلفة. فعلى الرغم من أنها جاءت من نفس الأب والأم إلا أنها حصلت على جينات مختلفة. فخلطات مختلفة من الجينات أنتجت كلابا مختلفة في صفة طول الأرجل ومختلفة في البقع على جلودها.

أحيانا ما تؤدي الأخطاء في الجينات إلى إنتاج سلالات جديدة أفضل. فمن الممكن أن تحدث أخطاء بسيطة في ترتيب النيوكليوتيدات خلال عملية نسخ الدنا، وتسمى هذه الأخطاء بالطفرات، وهي قد تسبب تغيرات في جينات كثيرة مثل الجينات المسؤولة عن إنتاج أرجل طويلة أو قصيرة، وهي صفات مفيدة ومميزة للكلاب . وإذا حدثت هذه الطفرات في البويضة أو الحيوان المنوي فإنها سوف تنتقل إلى الذرية.





وهذا ما حدث بالفعل. فأول كلب دشهند كان نتاج طفرة أسعدت المربي في ذلك الوقت لأن الأرجل القصيرة سمحت لهذا الكلب أن يطرد الأرانب من جحورها ليتم اصطيادها. ولهذا فإن المربي أراد إنتاج المزيد من هذا النوع.

أما بالنسبة لتربية البقر، فقد عمل المربون على تزاوج الأنواع التي تعطي كميات أكبر من اللبن والتي تتصرف بهدوء وصبر أثناء الحلب. وبالنسبة لزراعة التفاح فقد اختار المزارعون الأنواع التي تعطي تفاحاً أكبر وأحلى في الطعم لزراعتها. كما أن معظم الخضراوات الموجودة حالياً قد تم تصميم واختيار صفاتها بواسطة المزارعين أيضاً. فلقد اختاروا الجزر الطويل ذا المذاق الأحلى وقرروا أن يزرعوا المزيد منه. وبهذا فعن طريق اختيار الأنواع ذات الصفات الممتازة المطلوبة ثم تزاوجها بعضها مع بعض، تمكن المزارعون أن يغيروا من جينات أنواع كثيرة من الفواكه والخضراوات فنتج عنها الأنواع الجديدة التي نشترها ونأكلها هذه الأيام. أود أن أنبهكم إلى أن مربي الحيوانات والنباتات لم يتدخلوا في عمل الجينات بطريقة مباشرة، وإنما اختاروا الكائنات ذات الصفات المميزة وتركوها تتناسل حتى تنتج السلالات المطلوبة.

وبالطبع فإن علماء الوراثة لا يجلسون في مكاتبهم انتظاراً لحدوث الطفرات بالصدفة. ولكنهم يحاولون البحث عن الجينات المسؤولة عن صفات معينة. وفي المعامل يقوم الخبراء بعزل هذه الجينات ثم وضعها في الدنا الخاص بحيوان أو نبات حتى يغيروا من إحدى صفات هذه الكائنات، أي أنهم يتدخلون بطريقة مباشرة في عمل الجينات. ولهذا فإن أساليب الهندسة الوراثية الحديثة ما هي إلا طريق مختصر للوصول إلى شيء قام به الناس منذ أن بدءوا زراعة النباتات وتربية الحيوانات وهو: اختيار ونقل الجينات المفيدة إلى الذرية.





# البصمات الوراثية

إن الجينات في خلايا كل واحد منا هي التي تجعلنا يشبه بعضنا بعضا وكأننا ننتمي إلى عائلة واحدة، عائلة الإنسان الكبيرة. وفي الوقت نفسه هي التي تميز كل واحد منا عن الآخر. فمعظم الجينات في أجسامنا لا تختلف كثيرا عن الجينات الخاصة بأخواتنا وجيراننا وجميع البشر على الأرض. كما أن جينات البشر تتشابه إلى حد كبير مع جينات الشمبانزي.

ولقد مضى وقت طويل قبل أن يتمكن علماء الوراثة من العثور على مناطق الاختلافات الدقيقة الموجودة في الدنا والتي تجعل كل واحد منا مميزا عن غيره. ولقد استخدموا مصادر الاختلافات هذه ليميزوا بين الأفراد ويتعرفوا عليهم.

فشريط الدنا الخاص بكل واحد منا يحتوي على مناطق نادرة تميز كلا منا مثل بصمات الأصابع التي تستخدم في التعرف على شخصية كل فرد. ويستطيع باحثو الهندسة الوراثية أن يكشفوا الحجاب عن هذه البصمات الوراثية بحيث تصبح مرئية بالعين المجردة وبذلك تساعد الشرطة في الكشف عن شخصية المجرم بما لا يدع مجالا للشك. فباستخدام أي أثر يكون المجرم قد تركه من جسده (شعرة أو قطعة من الجلد أو نقطة دم أو لعاب) يستطيع الباحثون أن يعزلوا الدنا الخاص به وأن يتعرفوا على شخصيته.

ولنأخذ مثلا على ذلك الأستاذ "فلان" المتهم بإرسال خطابات تهديد. فهو ينكر تماما قيامه بهذا العمل. ولكن مرسل الخطاب كان قد ترك بصماته الوراثية على طابع البريد. فيمكن للشرطة أن تعزل الدنا الخاص بالمتهم من اللعاب الجاف على هذا الطابع. وإذا كان الدنا موجودا بكمية قليلة فيمكن عمل نسخ عديدة من هذا الدنا لتكون هناك كمية كبيرة للتعامل معها.

وبعد الحصول على الدنا الخاص بالمتهم، يقوم رافعو البصمات الوراثية بقص هذا الدنا باستخدام إنزيمات القص ثم ترتيب قطع الدنا الناتجة من القص، كل على حسب طوله، فينتج من ذلك ترتيب معين من قطع الدنا: ثم يقارن المخبرون هذه التشكيلة من قطع الدنا بالتشكيلات الناتجة من الدنا الخاص بالمتهمين حتى يعثروا على تشكيلة مطابقة لتلك التي وجدت على طابع البريد.







فإذا وجد أن تشكيلة دنا المهدد هي نفس تشكيلة دنا الأستاذ " فلان " ومختلفة عن التشكيلات من المتهمين الآخرين فإن الأستاذ " فلان " يكون هو الجانى بكل تأكيد .

### وكيف تبدو البصمات الوراثية يا أستاذنا؟

انظروا معى على هذه الصور . يوجد على طابع البريد ( إلى اليسار ) البصمات الوراثية الخاصة بالمهدد الذى لعق الطابع بلعابه . كما نرى البصمات الوراثية الخاصة بالمتهمين الثلاثة ( فى اليمين ) . الآن هل يمكن أن تخمنوا من الذى لعق طابع البريد ؟



# هل التدخل فى عمل الجينات أمر طبيعى ؟



ها قد وصلنا إلى نهاية المطاف وقد حان الوقت لأن نهبط إلى الأرض وأن نعود إلى أحجامنا الطبيعية لنرى ما حدث للجرح فى الإصبع. لقد أدت جميع الجينات والبروتينات واجبها فى عملية شفاء واندمال الجرح. وفى هذه الحالة فنحن لسنا بحاجة إلى مساعدة خبراء الهندسة الوراثية.

ومع ذلك فإن هناك الملايين من الناس الذين يعانون من الهيموفيليا ومئات الأمراض الوراثية الأخرى التى تنتج من النقص فى بروتينات معينة. فكل من الأطباء وخبراء الوراثة يبحثون عن الجينات التى إذا أصيبت بخطأ تسبب هذه الأمراض. وهم يعملون على أمل أن يتمكنوا من عزل هذه الجينات ووضعها فى خلايا البكتيريا أو الحيوانات لدراسة خواصها وتأثيراتها ثم استخدامها كوسيلة أفضل لعلاج الأمراض.

## وهل كل هذه الأساليب طبيعية؟

حسناً، هذا هو السؤال المحير. فكثير من الناس يشعرون بالقلق من التجارب التى يقوم بها خبراء الهندسة الوراثية اعتقاداً منهم أن هذه الأساليب لا تتفق مع الطبيعة. ولكنى أشعر أن الطبيعى هو أن نساعد المرضى. فمرضى الهيموفيليا لهم الحق فى أن يحصلوا على العلاج المناسب. وإذا كان بإمكاننا إنتاج هذا العلاج فى البكتيريا أو فى لبن النعجة، فلماذا لا ننتجه ونساعد به المرضى ؟

ولا تنسوا أن الهندسة الوراثية ليست اختراعاً قام به الخبراء ولكنهم اكتشفوا أساليب وأدوات هذا العلم فى الكائنات الحية. وتمدنا الطبيعة بأمثلة عديدة تتمثل فيها أساليب الهندسة الوراثية. فالطبيعة هى التى اخترعت نسخ الكائنات -وهو ما يحدث فى حالة التوائم المتشابهة. كما صنعت الطبيعة الفيروسات التى تنقل الجينات إلى خلايانا. واخترعت البلازميدات التى لها فائدة كبيرة فى عمل نسخ من الدنا. وبالطبع يا أصدقاء فإن الطبيعة لا تتصرف من تلقاء نفسها وكما يحلو لها، ولكنها تسير وفقاً لقوانين طبيعية ونواميس وضعها وأرسى قواعدها خالق هذا الكون سبحانه وتعالى. فهذه قوانين سرمدية تسير على نهجها أحداث هذا الكون بنظام محدد فى عالم الكائنات الحية وغير الحية.

وبما أننا نستطيع باستخدام الهندسة الوراثية أن نغير من جينات نبات الأرز حتى يصبح غذاء أفضل يحتوى على كمية أكبر من البروتين، فما الضرر فى ذلك؟ وحتى قبل اكتشاف قوانين الوراثة، تعلم المزارعون كيف ينتجون سلالات جديدة من النباتات والحيوانات لم توجد على وجه الأرض من قبل. وما عليكم إلا أن تتذكروا الأنواع المختلفة من التفاح ومئات الأنواع المختلفة من سلالات الكلاب التى تعرفونها. فكلها جاءت من تطبيقات علم الوراثة.

وباستخدام الطرق التقليدية يستطيع المزارعون أن يعدوا نوعاً أفضل من الأرز فى نوعيته الغذائية. وربما يستغرق هذا الأمر عشرات من السنين حتى يظهر النوع الجيد المطلوب ذو الجينات الجيدة. ولكن خبراء الهندسة الوراثية يستطيعون إنجاز هذا العمل فى فترة أقل بكثير.





## وهل هناك مخاطر في أن نأكل نباتات تحتوي على جينات جديدة؟

لا. فأى تفاح أو لحم نأكله يتكون من خلايا، والخلايا تحتوي على الجينات. وجميع قطع الدنا الموجودة في الطعام الذي نتناوله يتم هضمها إلى مواد بسيطة لا تضر ولا تؤثر على الدنا الموجودة في أنوية خلايا أجسامنا. فمصدر الجينات الجديدة التي نأكلها لا يهم، سواء جاءت من التوت البري أو تم تغييرها على أيدي المزارعين بأساليب التهجين، أو جاءت بأساليب الهندسة الوراثية.

## ولماذا إذن يقلق الناس من تطبيقات الهندسة الوراثية؟

السبب في ذلك أن معظم الناس لا يعرفون إلا القليل عن الجينات. فكل ما يعرفونه أن الجينات تشكل حياتنا بطريقة أو أخرى. ولهذا فالناس يشعرون أن عملية تغيير الجينات ربما تنتج أنواعا وحشية من الكائنات أو أنواعا خطيرة من البكتيريا

تستخدم كأسلحة في الحروب. فكلما جاءت البشرية باكتشافات وتطورات جديدة كانت هناك بعض المخاطرة في إساءة استخدام هذه الاكتشافات. ولكن الطبيعة لم تعطنا فقط القدرات لفهم علوم الوراثة وكل الأدوات اللازمة لتطبيق هذه المعرفة، ولكنها أعطتنا الذكاء كي نطبق هذه المعرفة بكل مسؤولية وأمانة من أجل صالح البشرية. ومن الطبيعي أن نتحدث عما يجب أن يفعل خبراء الوراثة وما لا يجب أن يفعلوه لأن نتائج أعمالهم تؤثر في حياتنا تأثيراً كبيراً. فكلما زادت معرفتنا بالجينات تناولنا هذه الأسئلة بطريقة أفضل. و الآن لقد تعلمنا الكثير عن الجينات والهندسة الوراثية، أليس كذلك؟



## ماذا تتذكر؟

### توجد الجينات في :

- 1 - جميع خلايا الجسم
- 2 - البكتريا
- 3 - البروتين
- 4 - التفاح

الإجابة الصحيحة هي 1، 2، 4. فجميع الكائنات الحية وأجزائها تتكون من خلايا. والخلايا تحتوي على الجينات. البروتينات لا تحتوي على جينات ولكنها تحدد بالجينات.

### الجينات

- 1 - هي صفات لصنع البروتينات
- 2 - تخزن في نواة الخلية في الدنا
- 3 - تتكون من وحدات النيوكليوتيدات
- 4 - هي أشياء نأكلها كل يوم

الإجابة الصحيحة هي 1، 2، 3، 4. فالجينات توجد في خلايا الكائنات الحية، وهي تملأ على الخلايا الأوامر لتسير وفقها. ونحن نأكل الجينات الموجودة في الكائنات الأخرى مثل التفاح. ثم يتم هضم هذه الجينات تماما. أما الجينات الخاصة بنا فهي تشيد من جديد داخل الخلايا.

### المحتوى الجيني اسم يدل على:

- 1 - سلم الدنا الذي يحتوي على الجينات
- 2 - مصانع البروتينات الصغيرة في الخلية
- 3 - كل الجينات في كائن ما

الإجابة الصحيحة هي 3. مثلا، جميع الجينات البشرية تسمى المحتوى الجيني البشري. أما شكل سلم الدنا فيسمى بالحلزون المزدوج. ومصانع البروتينات في الخلية تسمى بالريبوسومات.

### التوأم المتشابه يعتبر نسخة من:

- 1 - أخيه أو أخته التوأم
- 2 - أبيه أو أمه

الإجابة الصحيحة هي 1. فالتوائم المتشابهة تملك نفس الجينات وذلك لأنهما قد نشأ من بويضة ملقحة واحدة. وتحتوي خلايا كل توأم على نسخة من المحتوى الجيني الذي كان موجودا في الخلية الأولى.

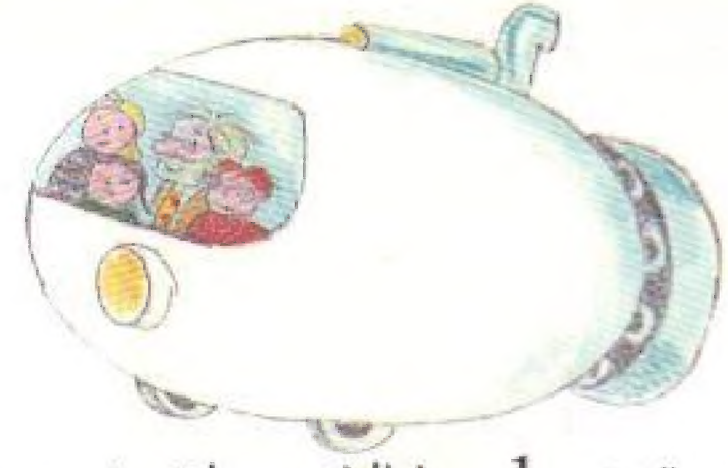


### التوأم المتشابه يعتبر نسخة من:

- 1 - أخيه أو أخته التوأم
- 2 - أبيه أو أمه

الإجابة الصحيحة هي 1. فالتوائم المتشابهة تملك نفس الجينات وذلك لأنهما قد نشأ من بويضة ملقحة واحدة. وتحتوي خلايا كل توأم على نسخة من المحتوى الجيني الذي كان موجودا في الخلية الأولى.





## من الممكن إنتاج البروتينات البشرية التي يحتاج المريض إليها في

- 1 - خلايا الإنسان فقط
- 2 - خلايا الخراف والحيوانات الأخرى
- 3 - خلايا النباتات
- 4 - خلايا البكتيريا

الإجابة الصحيحة هي 2 و 3 و 4. فكل الخلايا على كوكبنا بما فيها البكتيريا التي تتكون من خلية واحدة تعمل بنفس الطريقة تقريبا. فالخلايا تصنع البروتينات حسب تعليمات الجينات. وكل ما تحتاج إليه الخراف ونبات التبغ والبكتيريا لصنع بروتين بشري هو الجين السليم الخاص بهذا البروتين.

## الحيوانات والنباتات " حاملة الجينات "

- 1 - تحمل جينات غريبة
- 2 - تنقل كل الجينات إلى ذريتها.

الإجابة الصحيحة هي 1 و 2.

من الممكن الحصول على البصمات الوراثية الخاصة بشخص ما عن طريق :

- 1 - اللعاب
- 2 - الأظافر
- 3 - الدم

الإجابة الصحيحة هي 1 و 2. فلكي يحصل الخبراء على البصمات الوراثية لشخص ما فإنهم يحتاجون إلى الدنا الخاص به من خلاياه. والأظافر والشعر لا تتكون من خلايا ولكن من بروتين يسمى بالكيراتين. ولكن عندما يعثر المخبرون على شعر ملتصق به بعض من خلايا جذر الشعرة فإنهم يستطيعون أن يعزلوا الدنا من هذه الخلايا.

الإجابة الصحيحة هي 1. فالإنزيمات هي بروتينات تسمح بتفاعل المواد الكيميائية ، في الخلايا وفي الجسم ، بعضها مع بعض بطريقة مميزة جدا. إنزيمات القص مثلا تقص الدنا في موقع محدد. والإنزيمات الهاضمة تكسر وتحلل الطعام الذي نأكله إلى مواد بسيطة تستطيع أن تستعملها الخلايا.

## تحتوي خلايا الكبد والجلد على

- 1 - جينات مختلفة
- 2 - جينات متشابهة إلى حد كبير
- 3 - جينات متشابهة تماما

الإجابة الصحيحة هي 3. فكل خلايا الجسم قد نشأت من خلية واحدة انقسمت كثيرا لتبنى الكائن الحي. وفي كل مرة تنقسم فيها الخلية، عليها أن تعمل نسخة جديدة من الجينات بحيث تحصل كل خلية جديدة على نسخة منها. أما اختلاف الخلايا فسببه تنشيط جينات مختلفة في كل نوع من الخلايا. ولهذا فإننا نجد أن خلايا الكبد تصنع بروتينات تختلف عن البروتينات التي تنتجها خلايا الجلد.

## يسبب الجين المعطوب المرض لنا لأن الخلية التي تحتوي على هذا الجين

- 1 - لا تستطيع أن تصنع البروتين السليم.
- 2 - ربما لا تتوقف عن الانقسام.

الإجابة الصحيحة هي 1 و 2. فالجينات هي الوصفات التي تستخدم لصنع البروتينات. وإذا لم توجد الوصفة السليمة فإن البروتين السليم لن ينتج ولن يستطيع الجسم أن يعمل في حالة جيدة. وربما تكون البروتينات الناقصة هي بروتينات تجلط الدم أو البروتينات التي تأمر الخلايا بأن تتوقف عن الانقسام. وبلا شك إذا استمر الانقسام بدون أي ضابط فإن الخلية تنمو لتكوّن ورمًا.



# تعريفات مهمة

**الريبوسومات** : Ribosomes جسيمات صغيرة في الخلية تتخصص في صنع البروتينات.

**الشفرة الوراثية** : Genetic code الطريقة التي تترجم بها اللغة الكيميائية في الجينات إلى اللغة الكيميائية الخاصة بالبروتينات. فكل ثلاثة نيوكليوتيدات يناظرها حمض أميني واحد. ولأن الشفرة الوراثية لا تختلف بين الكائنات المختلفة، فإنه من الممكن إنتاج بروتينات بشرية في البكتريا والنباتات ما دامت تحصل على الجين البشري.

**الصفائح الدموية** : Thrombocytes قطع من خلايا تسبح في الدم وتجعله يتجلط عند موقع الجرح.

**طب البروتينات** : Protein medicine الطب الحديث القائم على علاج المرضى بالبروتينات التي يحتاجون إليها والتي يتم الحصول عليها من الأشخاص الأصحاء أو من البكتريا المعدلة بأساليب الهندسة الوراثية.

**طب الجينات** : Gene medicine علم قائم على استبدال جينات سليمة بالجينات غير السليمة.

**الطفرات** : Mutations تغييرات في الجين ناتجة عن تغيير في ترتيب النيوكليوتيدات عليه. ومعظم الجينات التي تحمل طفرات هي غير سليمة ولكن البعض منها يكون مفيدا للكائن. كما أن الجينات ذات الطفرات تنتقل أحيانا إلى ذرية الكائن.

**فيبرين** : Fibrin نوع من البروتين الذي يكون أليافا طويلة ولزجة تتشابك بعضها مع بعض وتكون شبكة لحجز الدم المندفع من الجروح.

**فيبرينوجين** : Fibrinogen البروتين الأصلي الذي يتكون منه الفيبرين.

**الفيروسات** : Viruses كائنات صغيرة جدا ولا تستطيع أن تحيا مستقلة ولكنها بمجرد دخولها في خلية حية فإنها تغير من سلوكها ويحدث المرض بعد ذلك.

**الكائنات حاملة الجينات (المهجنة)** : Transgenic organisms كائنات تحمل جينات غريبة عليها وجاءت من أنواع أخرى. وعلى هذا الأساس فالخراف حاملة الجينات تستطيع أن تصنع بروتين تجلط الدم البشري بعد أن تحصل على الجين البشري.

**الكروموسومات** : Chromosomes حزمة من الدنا تحتوي على الجينات. ويوجد 23 ثنائيا من الكروموسومات في خلايا جسم الإنسان.

**المحتوى الجيني** : Genome تعبير يطلق على مجموعة الجينات الخاصة بكل نوع من الكائنات. فالمحتوى الجيني للبشر يتكون من 100 ألف جين.

**مرضى الهيموفيليا** : Hemophiliacs مرضى ينقصهم البروتين اللازم لتجلط الدم الذي يوقف النزيف في حالة الجرح. ويعرف هذا المرض أيضاً باسم سيولة الدم.

**نسخ الكائنات الحية** : Clones هي الكائنات التي تحتوي على نفس النوع من الجينات. ومثال ذلك التوائم المتشابهة. كما أن خبراء الوراثة يأخذون الجينات من الحيوانات البالغة ويضعونها في خلايا أخرى لعمل نسخ كثيرة منها.

**نقل الجينات** : Transferring genes النقل المتعمد لجينات غريبة إلى البكتريا أو النباتات أو الحيوانات. وتنتقل الجينات بين الكائنات في الطبيعة ولكن بمحض الصدفة.

**النواة** : Nucleus مركز القيادة في الخلية، وهو على شكل كرة في الوسط وتحتوي على الجينات.

**النيوكليوتيدات** : Nucleotides وحدات بناء الدنا. وهي تكون درجات سلم الدنا الحلزوني.

**الورم** : Tumor تجمع كبير من الخلايا التي تنمو بسبب وجود أخطاء في الجينات بحيث تجعلها تصبح مجنونة وتنقسم بمعدل أسرع من الخلايا الأخرى.

**الأجسام المضادة** : Antibodies بروتينات تساعد في عملية قتل الجراثيم.

**الأحماض الأمينية** : Amino acids وحدات بناء البروتينات ويوجد منها عشرون نوعا.

**الأمراض الوراثية** : Hereditary diseases الأمراض التي تنتج من جينات غير سليمة بها أخطاء ينقلها الآباء إلى الأبناء مثل مرض الهيموفيليا.

**الإنزيمات** : Enzymes نوع متخصص من البروتينات تساعد في تنشيط التفاعلات الكيميائية في الخلية الحية.

**إنزيمات القص** : Restriction enzymes بروتينات متخصصة تقص الدنا في مواقع معينة ويستخدمها الخبراء لقص الجينات.

**الإنسولين** : Insulin بروتين تصنعه خلايا البنكرياس ليطلب من خلايا الكبد أن تسحب السكر من الدم في حالة ارتفاعه عن الحد الطبيعي. وينقص هذا البروتين في أجسام مرضى السكر.

**البروتينات** : Proteins وحدات بناء الخلايا والأدوات التي تستخدمها الخلايا في أداء وظائفها العديدة. فالبروتينات تبني الخلايا، والخلايا العديدة تبني الكائن الحي. ويوجد 100 ألف نوع من البروتينات المختلفة التي تعمل بعضها مع بعض في جسم الإنسان.

**البصمات الوراثية** : Genetic fingerprint ترتيب معين من النيوكليوتيدات على شريط الدنا الخاص بالفرد يميزه عن كل الأفراد الآخرين.

**البكتريا** : Bacteria كائنات دقيقة وحيدة الخلية أصغر من خلايا جسم الإنسان وتوجد الآلاف منها المفيد للجسم ومنها الضار. ومنها أنواع عديدة تعيش على سطح جلد وأمعاء الإنسان دون أي ضرر، بينما هناك أنواع أخرى ضارة وتسبب الأمراض.

**البلازميدات** : Plasmids قطع من الدنا على شكل دوائر توجد في البكتريا وتخزن عليها بعض الجينات.

**البويضة** : Human egg cell خلية جنسية تحتوي على 23 كروموسوماً. فلكي تنقسم البويضة وتكون جميع أنواع الخلايا المكونة للكائن الحي، تحتاج البويضة إلى أن تتحد مع خلية حيوان منوي ليصبح عدد الكروموسومات 46 كروموسوماً.

**تجلط الدم** : Blood Clotting عملية تجميد للدم أو تحويله من سائل إلى مادة صلبة في حالة جرح أحد الأوعية الدموية.

**تهجين الحيوانات والنباتات** : Crossbreeding animals and plants هي الطريقة التقليدية التي اتبعت من أجل تحسين أنواع الحيوانات والنباتات. وقامت على أساس اختيار الكائنات ذات الصفات الجيدة لتتزاوج بعضها مع بعض وتعطى ذرية أفضل.

**الجينات** : Genes أجزاء على الحمض النووي دنا موجودة داخل النواة. وهي تحتوي على صفات لصنع البروتينات وتتكون من عدة آلاف من الكلمات الشفرية.

**خلايا الدم البيضاء** : White blood cells توجد منها الأنواع المختلفة.. وتتحرك بصفة مستمرة في الجسم لتتطاد الميكروبات وتدمرها.

**خلايا الدم الحمراء** : Red blood cells خلايا في الدم تتخصص في نقل الأكسجين إلى كل أنحاء الجسم.

**خلية الحيوان المنوي** : Human sperm cell خلية جنسية من الذكر تحتوي على 23 كروموسوماً ويتحد مع البويضة ليلقحها.

**الدم** : Blood سائل الحياة الذي يقوم بنقل الأكسجين والمواد المغذية وغيرها إلى أعضاء الجسم كافة ثم تتخلص من السموم والفضلات، ويتكون الدم من أنواع عديدة من الخلايا.

**الدنا** : DNA الحمض النووي دنا، وهو عبارة عن خيوط رفيعة جدا لها شكل السلم الحلزوني وتحتوي على الجينات داخل الخلية.

**الرنا الرسول** : Messenger RNA جزء يحمل نسخة من المعلومات على الجين ويأخذها إلى الريبوسومات (المصانع الخاصة بإنتاج البروتينات).



29	Antibodies	الأجسام المضادة
20, 19, 18	Amino acids	الأحماض الأمينية
24	Hereditary diseases	الأمراض الوراثية
15	Enzymes	الإنزيمات
33, 32	Restriction enzymes	إنزيمات القص
33, 32, 28	Insulin	الإنسولين
33, 28, 15, 14, 10	Proteins	البروتينات
39, 38, 9	Genetic fingerprint	البصمات الوراثية
33, 28, 15, 14, 10	Bacteria	البكتيريا
33, 32	Plasmids	البلازميدات
34, 26, 25, 23, 12, 8	Blood Clotting	تجلط الدم
40, 37, 36	Crossbreeding animals and plants	تهجين الحيوانات والنباتات
30, 26, 24, 23, 22, 20, 19, 18, 16, 14, 12, 8	Genes	الجينات
10	White blood cells	خلايا الدم البيضاء
10	Red blood cells	خلايا الدم الحمراء
20, 12, 11, 10, 9, 8	Blood	الدم
38, 33, 31, 26, 17, 16	DNA	الدنا
20, 17	Messenger RNA	الرنا الرسول
20	Ribosomes	الريبوسومات
25, 19, 18	Genetic code	الشفرة الوراثية
11	Thrombocytes	الصفائح الدموية
25	Protein medicine	طب البروتينات
25, 24	Gene medicine	طب الجينات
37, 36, 22	Mutations	الطفرات
14, 12	Fibrin	فيبرين
12	Fibrinogen	فيبرينوجين
31, 30, 27, 25	Viruses	الفيروسات
16	Chromosomes	الكروموسومات
38, 26, 16	Genome	المحتوى الجيني
24, 22, 12, 8	Hemophiliacs	مرضى الهيموفيليا
40, 35, 34	Clones	نسخ الكائنات الحية
27	Transferring genes	نقل الجينات
17	Nucleus	النواة
19, 18, 17	Nucleotides	النوكليوتيدات



# عبقريّة الجينات

المستكشفون الميكروسكوبيون



«المستكشفون الميكروسكوبيون» تصطبج

قراءها من الفتيان والفتيات- وكذلك  
الكبار المهتمين بالعلوم- فى رحلة  
تعليمية مثيرة فى عالم الخلايا  
المجهول وما وراءه.

وحتى يمكن الاطلاع على الأشياء

الدقيقة، يدخل المستكشفون

الميكروسكوبيون داخل الآلة الميكروسكوبية، التى

تنكمش بحيث يتضاءل حجمها وحجم من

فيها؛ حتى يصيروا من الصغر بما يمكنهم

من :

• دخول الجسم والتعرف على الخلايا.

• رؤية واستكشاف الأعضاء الداخلية ومكوناتها.

• فهم آلية جسم الإنسان، وكيف تعمل أعضاؤه

لتستمر الحياة.

وقد قام بكتابة «المستكشفون الميكروسكوبيون» فريق

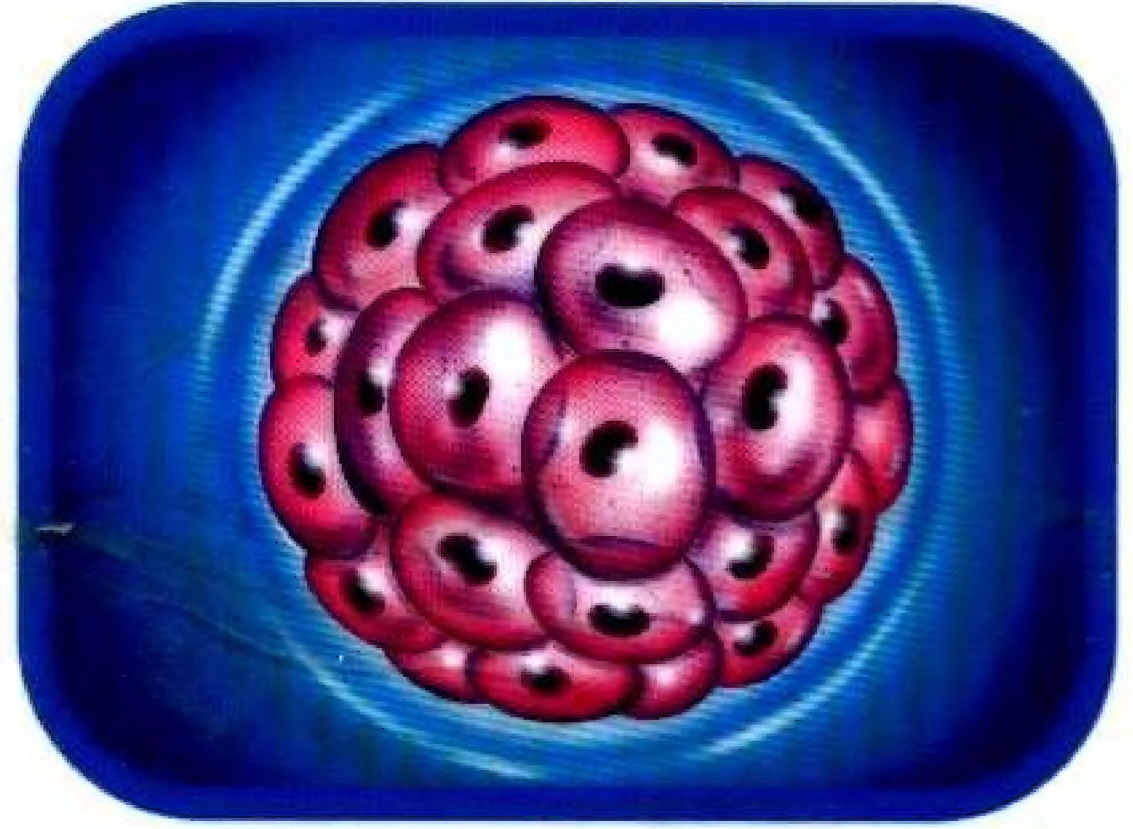
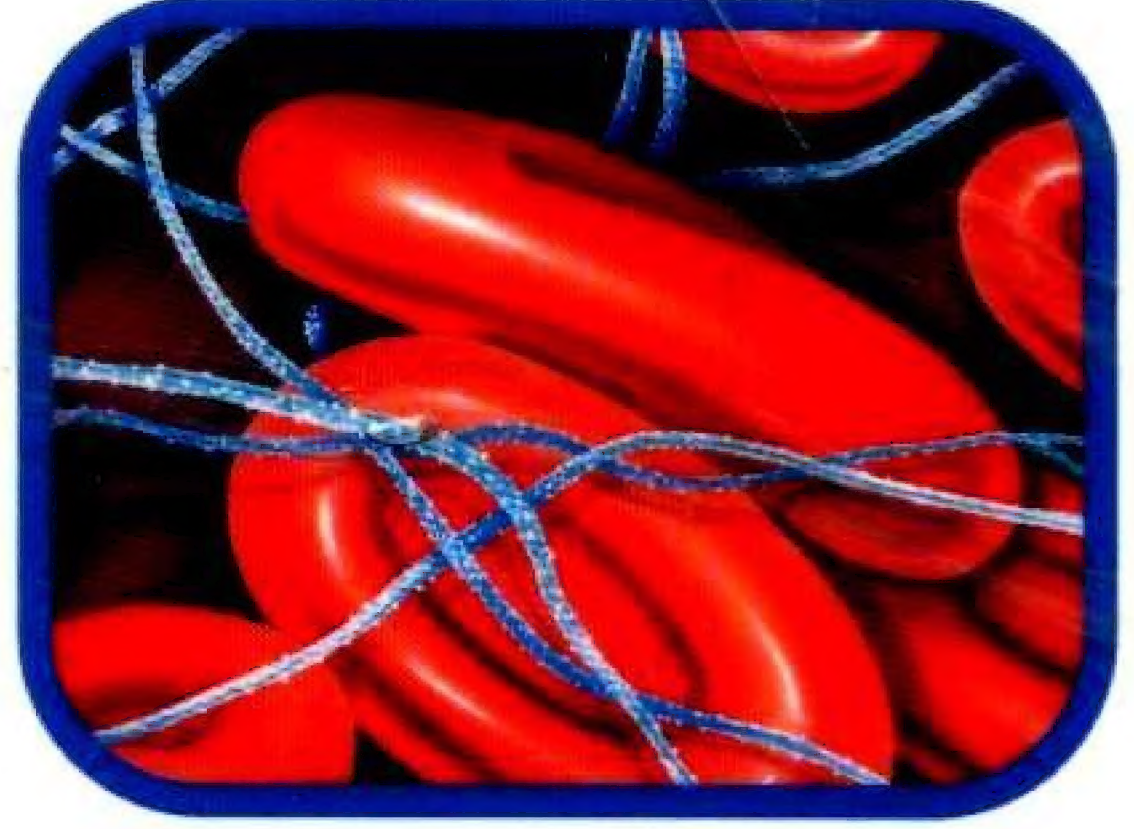
مميز من أكفأ العلماء والكتاب فى مجال الكيمياء

الحيوية وكتب الأطفال التعليمية. وهى تقدم

شرحاً مميزاً وجذاباً لتلك الأجهزة والعمليات

العضوية التى تشكل نمو جسم الإنسان وتطوره

وعمله .



فى هذه السلسلة :

• عالم الخلية العجيب

• أبطال جسمك وأشراره

• عالم الكروموسومات العجيب

• عالم الجينات العبقريّة

دار الشروق

القاهرة : 8 شارع سيويه المصرى -

رابعة العدوية - مدينة نصر صر ب 33 البانوراما

تليفون: 4023399 فاكس: 4037567 (202)